

ANEXO 1.-ANÁLISIS DEL MEDIO FÍSICO



## 1. INTRODUCCIÓN

En este Anexo se realiza un análisis pormenorizado de la vegetación, la fauna y la calidad de las aguas de la zona de estudio del entorno físico del Aeropuerto de Madrid-Barajas, complementando el documento de la Memoria que describe en primera aproximación estos aspectos, por no ser necesario mayor detalle en ese estadio. Asimismo se exponen los cálculos que se han llevado a cabo para la obtención de los datos meteorológicos de pluviosidad y análisis eólico expuestos en el documento de Memoria ya mencionado



## 2. VEGETACIÓN POTENCIAL Y ACTUAL

Según el mapa de series de vegetación potencial (Rivas Martínez, 1.987), la zona del emplazamiento de Barajas pertenece al dominio de la serie mesomediterránea manchega y aragonesa basófila de la encina (*Bupleuro rigidi* – *Quercetum rotundifoliae*). No obstante, el área de estudio se encuentra en la frontera entre dos series de vegetación bien diferenciadas: la mencionada antes y otra que también incluye encinares, pero esta vez de carácter acidófilo en su variante más térmica, mesomediterránea, caracterizada por la presencia de *Retama sphaerocarpa*. Así, es fácil que se encuentren restos de comunidades que constituyen etapas de degradación de los encinares silicícolas como son los retamares con escobas (*Cytiso scoparii* – *Retametum sphaerocarphae*) o los pastizales vivaces dominados por *Poa bulbosa*.

En lo referente a la vegetación actual, las formaciones existentes son las que siguen:

### 2.1. PASTIZALES

No representan comunidades de especial valor desde el punto de vista conservacionista, ya que la mayoría de los existentes se corresponden con formaciones que colonizan enclaves alterados que provienen del abandono de terrenos cultivados (pastizal nitrófilo) o bien zonas frecuentadas por el hombre que también se han utilizado para fines agropecuarios (pastizal ruderal).

Los pastizales que se localizan en superficies cercanas a los cauces o en fondos de valle, vallejos, etc., tienen carácter vivaz (es decir viven más de dos años), mientras que los que por el contrario se encuentran en terrenos alejados de estas zonas se corresponden generalmente con pastizales anuales. La composición de ambos tipos es bastante semejante, a excepción de las especies dominantes que son las que sirven para caracterizarlos:

- en el caso de los pastizales vivaces nitrófilos, se mezclan frecuentemente con los típicos céspedes graminoides que tienen su origen en el pastoreo y están frecuentemente asociados a las riberas y frescos suelos de vega. De entre las especies dominantes destacan: *Trifolium fragiferum*, *Cynodon dactylon*, *Cichorium intibus*, etc.
- en los pastizales anuales nitrófilos, las plantas más frecuentes son: *Medicago rigidula*, *Aegilops geniculata*, *Astragalus hamosus*, etc

En cualquier caso, como se indicó previamente, al margen de la moderadamente alta diversidad específica que presentan algunos de estos pastizales, éstos no representan comunidades de especial valor en cuanto a su conservación. Cabe destacar en este sentido la presencia en una reducida superficie de lo que debieron ser extensas majadales, es decir, pastizales vivaces acidófilos que sí están incluidos en la Directiva 92/43 como hábitat de interés prioritario. Se localizan en las proximidades de la Planta



de Tratamiento de Residuos Industriales, zona conocida como La Huelga, o en la de El Rasillo.



Ilustración 1. Pastizales, cañaverales, sauces y chopos en el río Jarama

Fuente: Estudio de Impacto Ambiental. FSAM Fase III

## 2.2. MATORRALES

El extenso uso agrícola de la zona, y en menor medida otros usos del territorio, ha determinado la escasa presencia de áreas ocupadas por matorrales: la degradación de los encinares potenciales pasa directamente de las comunidades arboladas a las de pastizal. Únicamente se localizan pequeñas manchas de retamar con *Retama sphaerocarpa* y *Cytisus scoparius*, como formaciones que se han regenerado a raíz del abandono del cultivo; además, aparecen otras especies de claro carácter oportunista, que no pertenecen a las comunidades de matorral serial de encinares carpetanos. Así mismo, en las cuestas margosas de Paracuellos del Jarama, se han incluido algunas manchas de harmagal (*Salsola vermiculatae* – *Pegonetum haramalae*), que están incluidos en el Anejo I de la Directiva 92/43/CEE de Conservación de los Hábitats Naturales y de la Flora y la Fauna silvestres.

## 2.3. JUNCALES

En los cauces secos de los pequeños arroyos tributarios del río Jarama, así como en las vaguadas y zonas con alta humedad edáfica, se desarrollan juncales de junco churrero y del cardo de bolas, ambas plantas vivaces; se instalan sobre suelos profundos y húmedos, formando bandas estrechas en las orillas de charcas y cursos de agua. Estos juncales tienen la consideración de comunidades permanentes cuando se instalan sobre suelos con freático alto o pequeños regatos estacionales, o bien constituyen

etapas de sustitución de las olmedas; desde un punto de vista conservacionista, los juncales en general se han incluido en el Anejo I de la Directiva 92/43/CEE de Conservación de los Hábitats Naturales y de la Flora y la Fauna silvestres.

#### Ilustración 2. Vegetación del arroyo de Valdebebas a la altura del camino de Torrelaguna



Fuente: Estudio de Impacto Ambiental. FSAM Fase III

#### 2.4. CAÑAVERAL O CAÑIZAR

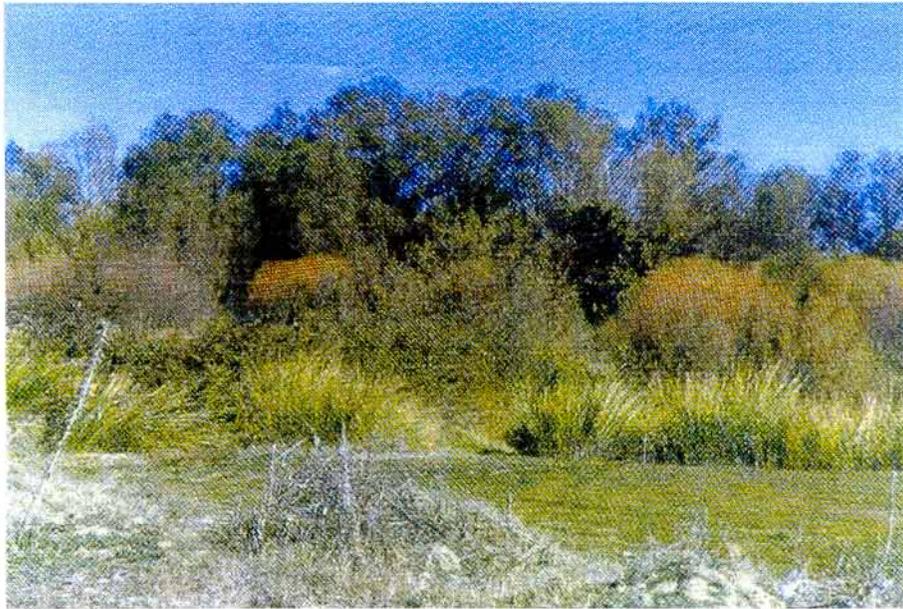
En la zona tienen una presencia casi simbólica, ya que sólo se ha apreciado una mancha de este tipo de vegetación en la zona de la Casa del Raso. Al igual que los juncales, están incluidos en el Anejo I de la Directiva 92/43/CEE de Conservación de los Hábitats Naturales y de la Flora y la Fauna silvestres.

#### 2.5. RIBERAS

En la zona de policía del río Jarama se conservan dos bandas de vegetación de ribera: una correspondiente a la aliseda mesótrofa y su primera etapa de sustitución (macrosauceda con chopos, álamos, fresnos y alisos), y otra pura de alameda mesomediterránea transicional con algunos chopos y su etapa de sustitución con saucedas salvifolias. En algunos puntos incluso se localizan restos de los que pudo ser una tercera banda, ocupando los terrenos más secos y limo-arenosos, constituida por tarayales entre los que se puede encontrar algún olmo.



Ilustración 3. Estratificación horizontal de la vegetación de ribera del río Jarama a la altura de la confluencia con el arroyo de las Zorreras (aliseda con sauces, sauceda, zarzales y praderas-junciales)



Fuente: Estudio de Impacto Ambiental. FSAM Fase III

En cuanto a la primera banda, la aliseda, está bastante alterada, pero aún se puede encontrar un verdadero bosque de ribera dominado por alisos y grandes sauces, aguas arriba y abajo del Puente de Paracuellos, hacia la zona de Las Huelgas, Los Badenes, El Soto y Pedazo de Vado, en el término de Madrid, y en los alrededores de la desembocadura del Arroyo de la Zarza, ya en el municipio de Alcobendas. El resto de la primera banda de vegetación de ribera arbolada es una sauceda de sauces arbóreos con chopos y algún aliso; cuando la degradación es mayor, la ribera es ocupada por carrizales y espadañales, o bien por herbazales.

Ilustración 4. Espadañal en el cauce del arroyo de las Zorreras



Fuente: Estudio de Impacto Ambiental. FSAM Fase III



La segunda banda se corresponde con una alameda mesomediterránea xerófila de vega, de carácter transicional, en la cual además del propio álamo blanco existe una fuerte presencia de sauces arbustivos y tarays; éstos últimos llegan a constituir pequeños bosquetes, como ocurre en la zona de La Huelga. De hecho, donde no existe vegetación arbolada, domina casi por completo.

Desde el punto de vista conservacionista, todos los tipos de vegetación de ribera representados se encuentran en el Anejo I de la Directiva 92/43/CEE de Conservación de los Hábitats Naturales y de la Flora y la Fauna silvestres. Por otra parte, las alisedas mesótrofas de la cuenca del Jarama se encuentran en pleno proceso de desaparición, debido a las fuertes agresiones que sufren (deseccación parcial del cauce, cultivos forestales, sobrepastoreo, vertidos químicos, etc.). Además, debe considerarse que son comunidades muy frágiles, pues se encuentran cercanas a su límite ecológico de desarrollo.

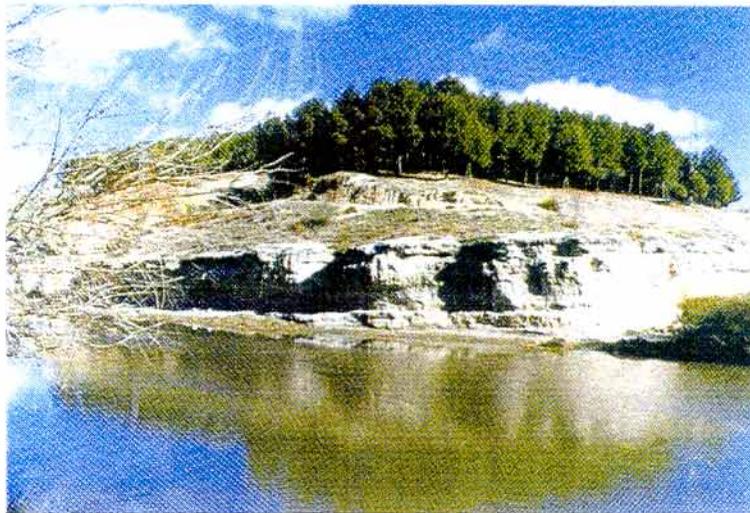
## 2.6. PINARES Y CHOPERAS

En el tercio sur-oriental se encuentran masas de pino piñonero, con algunos ejemplares de pino carrasco, como en la zona de La Dehesa, o de ciprés. Se trata de repoblaciones antiguas, cuyo objetivo era evitar el impacto paisajístico, proteger el suelo frente a la erosión, servir de refugio de fauna y actuar como cortaviento y barrera acústica. También en las laderas de la margen izquierda del Jarama se localizan pequeñas repoblaciones de eminente carácter protector del suelo.

En la llanura de inundación del Jarama, así como en algunas isletas que el cauce ha creado, se han efectuado plantaciones de álamo blanco para producción. La mancha principal se encuentra en el monte consorciado del término municipal de Alcobendas. Debido a la sequía de los últimos años, la chopera está bastante afectada y se ha secado el tercio norte de la misma.



Ilustración 5. Pinares en los cerros malgosos de la margen izquierda del Jarama, en Paracuellos



Fuente: Estudio de Impacto Ambiental. FSAM Fase III

Ilustración 6. Choperas de producción en la zona del arroyo de la Vega (Alcobendas)



Fuente: Estudio de Impacto Ambiental. FSAM Fase III



### 3. FAUNA

A continuación se desarrolla el análisis faunístico indicado en el punto 2.1 de la Memoria.

Deben constatarse de nuevo los motivos de la peculiaridad del área de estudio, que alberga una comunidad faunística que destaca claramente de la de otras zonas próximas por su diversidad y la riqueza de taxones incluidos en los listados de especies protegidas de la legislación vigente.

Las principales causas de esta peculiaridad son las siguientes:

- Al Oeste de la zona aparece el núcleo urbano de Madrid y localidades próximas, que actúa como barrera para la fauna.
- Al Este, el biotopo es totalmente diferente al de la zona estudiada, consistente en una llanura esteparia separada del río por una serie de cortados y terrenos abruptos, en la que las especies de fauna deben presentar para sobrevivir adaptaciones a este tipo de medios. Parte de este territorio ha sido protegido dentro de la figura de Zona de Especial Protección para las Aves por su importancia para las aves esteparias.
- Las riberas del Jarama, a pesar de su mediocre estado de conservación, todavía constituyen una excelente refugio y lugar de reproducción para muchas especies.
- El río es una fuente de alimentación gracias a la presencia continua del agua.
- De manera dispersa existen hábitats en excelente estado de conservación, como son las zonas forestales y humedales, algunos meandros del Jarama y las zonas palustres cercanas a este río y a los arroyos que a él vierten.

#### 3.1. AVES PRESENTES DURANTE LA ÉPOCA ESTIVAL

Un importante número de especies de aves utilizan este territorio para reproducirse. Entre ellas destaca claramente el grupo de las aves acuáticas, que se analizan más en detalle por la enorme importancia que tienen para el tráfico aéreo por los movimientos que realizan.

La colonia de garzas coloniales de las zonas forestales del Aeropuerto, que desde el año 1997 parece mostrar una cierta tendencia expansiva hacia otros puntos cercanos al cauce del Jarama algo más al norte, estaba compuesta en el año 1998 por 120 parejas de Martinete (*Nycticorax nycticorax*), 300 parejas de Garcilla bueyera (*Bubulcus ibis*) y 9 de Garceta común (*Egretta garzetta*), por lo que puede considerarse como una de las más importantes de todo el interior de la Península Ibérica. Esto queda de manifiesto de manera especial si tenemos en cuenta que el número total de Martinetes



existente en el territorio peninsular es tan solo ligeramente superior a las 2.000 parejas, habiendo disminuido alarmantemente en los últimos años.

Los Martinetes y Garcetas realizan a diario durante su estancia estival en la zona movimientos en dirección Norte-Sur hacia las zonas en las que encuentran alimento, sin que se hayan observado desplazamientos importantes en dirección Este-Oeste más que de manera aislada. Se alimentan en diversos puntos del río y otras zonas inundadas cercanas a lo largo de todo el tramo estudiado, habiéndose encontrado en los nidos y sus alrededores restos de peces, entre los que han podido identificarse Barbos y Carpas.

Las Garcillas sin embargo por sus hábitos alimentarios sí realizan a veces desplazamientos importantes hacia los terrenos agrícolas situados al este de la zona, si bien lo más común es observar grandes bandos recorriendo el entorno del río al amanecer y al atardecer.

Por lo tanto para las garzas coloniales el río Jarama en el tramo estudiado constituye un perfecto corredor ecológico a lo largo del cual encuentran zonas adecuadas para su reproducción (lagunas del Aeropuerto de Barajas, meandros de la zona de Belvis, etc.), zonas de refugio (toda la vegetación de ribera existente) y zonas de alimentación (todo el cauce del río Jarama en el caso del Martinete y la Garceta, y las zonas agrícolas y ganaderas del entorno en el caso de la Garcilla bueyera).

Además de las garzas coloniales, en la zona estudiada se reproducen otras muchas especies de aves acuáticas, sobre todo anátidas y limícolas. Su número no es grande en general, si bien se han observado espectaculares aumentos de sus poblaciones coincidiendo con los periodos de sequía por la desaparición de otras zonas húmedas de las regiones limítrofes. Todas estas aves realizan desplazamientos a lo largo del Jarama durante la época de cría, no alejándose demasiado del río en ningún caso.

Las especies que presentan poblaciones de mayor importancia son la Focha común (*Fulica atra*), la Polla de agua (*Gallinula chloropus*) y el Ánade real (*Anas platyrhynchos*), que se reproducen en todas las zonas inundadas del territorio estudiado. En las lagunas del Aeropuerto existe además una importante población reproductora de Zampullín chico (*Tachybaptus ruficollis*).

Un segundo grupo de aves que utilizan el entorno del río Jarama para reproducirse es el de las aves ligadas a las zonas forestales. Especies como la Paloma torcaz (*Columba palumbus*), Urraca (*Pica pica*), Abubilla (*Upupa epops*), Cuco (*Cuculus canorus*), Críalo (*Clamator glandarius*), Pito real (*Picus viridis*), Pico picapinos (*Dendrocopos major*), etc. son muy abundantes en toda la zona, reproduciéndose en gran número en los árboles existentes en la misma, particularmente en las zonas forestales del Aeropuerto.

El grupo de las rapaces destaca asimismo por la diversidad de especies presentes. La especie más abundante y más visible es el Ratonero (*Buteo buteo*), que anida en muchos lugares arbolados del territorio estudiado y que se mueve por toda la zona planeando a media altura. El Azor (*Accipiter gentilis*) ocupa las manchas de bosque



más extensas, conociéndose la existencia de al menos tres parejas; en esos mismos lugares también han sido vistos el Alcotán (*Falco subbuteo*) y el Gavilán (*Accipiter nisus*).

En las zonas despejadas es habitual la presencia del Cernícalo común (*Falco tinnunculus*), que anida en muchos puntos aprovechando para ello todo tipo de apoyos, desde torres de alta tensión hasta las casetas de vigilancia del perímetro del Aeropuerto. Tampoco es extraña la observación del Halcón común (*Falco peregrinus*), que anida en los cortados cercanos. El Aguilucho cenizo (*Circus pygargus*) se reproduce en los pastizales y cultivos cerealistas de toda la zona, siendo fácil de ver durante las mañanas de primavera sobrevolando las riberas a baja altura en busca de presas.

Otras rapaces menos frecuentes pero que posiblemente ocupen la zona estudiada o su entorno son el Águila calzada (*Hieraetus pennatus*), que todas las primaveras es observada cazando en las proximidades del Aeropuerto, el Milano negro (*Milvus migrans*), el Milano Real (*Milvus milvus*) y el Aguilucho lagunero (*Circus aeruginosus*), que no parece reproducirse en este lugar pero sí lo utiliza como cazadero ocasional.

Entre las rapaces nocturnas destacan por su abundancia el Mochuelo (*Athene noctua*) y el Búho chico (*Asio otus*), que son fáciles de detectar en todas las manchas de vegetación arbolada. También se conoce la presencia del Autillo (*Otus scops*), el Cárabo (*Strix aluco*) y la Lechuza (*Tyto alba*), que se reproduce en alguna de las zonas urbanas cercanas. El Búho real (*Bubo bubo*) anida en los cortados que limitan el valle del Jarama, y posiblemente utilice la zona como cazadero.

El cuarto gran grupo de aves que se reproducen en este lugar está formado por las especies ligadas a los terrenos despejados. Las más abundantes son el Sisón (*Tetrax tetrax*), la Perdiz común (*Alectoris rufa*) y la familia *Alaudidae* (Alondras, Cogujadas, etc.).

Merece un comentario el hecho de que el cambio de uso del suelo que supone la puesta en servicio de un Aeropuerto favorece enormemente a este tipo de especies. Esto pudo comprobarse en el Aeropuerto de Barajas en los años sesenta, cuando la población de sisones en el Campo de Vuelo aumentó hasta tal punto que obligó a tomar medidas para su control, iniciándose el uso de aves de presa adiestradas que permanece en la actualidad.

Otras especies de terrenos despejados como la Avutarda (*Otis tarda*) han sido observadas de manera esporádica en la zona últimamente, lo que podría indicar una futura colonización de la misma.

### 3.2. AVES PRESENTES DURANTE LA ÉPOCA INVERNAL

Durante el invierno algunas de las especies citadas anteriormente como los Martinetes, las Garcetas y gran parte de las Garcillas migran a otras zonas, desapareciendo del territorio en estudio. Sin embargo desde el interior de Europa llegan a la Península



grandes poblaciones de aves, algunas de las cuales utilizan este lugar para pasar la época fría.

Una vez más son las aves acuáticas el grupo más destacado, ya que las anátidas registran un espectacular aumento de sus poblaciones en las zonas inundadas de todo el tramo medio del río Jarama. La existencia de graveras inundadas en el Aeropuerto de Barajas y en otros puntos al sur de la zona que nos ocupa favorece la existencia de grandes poblaciones de Ánade real, Ánade friso (*Anas strepera*), Ánade silbón (*Anas penelope*), Pato cuchara (*Anas clypeata*), Cerceta común (*Anas crecca*) y Porrón común (*Aythya ferina*), que realizan movimientos a lo largo de todo al cauce del Jarama durante toda la época invernal.

Además de estas especies, otras como el Ánsar común (*Anser anser*) que hace algunos años no era conocido como invernante en la zona está comenzando la colonización de la misma, de manera que en los humedales del Aeropuerto de Barajas algunos individuos pasan todo el invierno.

Junto a las anátidas la especie más destacada en la época invernal entre las acuáticas es la Garza real (*Ardea cinerea*), que ocupa en gran número todas las zonas de ribera en los últimos años, habiéndose estimado en el año 1997 una población invernante en el Aeropuerto de treinta individuos, y al menos treinta más en la ribera del Jarama en las proximidades de Belvis.

La Garza real utiliza las zonas de ribera y bosque como lugar de descanso y refugio, desplazándose a otros lugares para pescar. Estas zonas de alimentación son fundamentalmente las orillas e islas del río Jarama, por lo que una vez más nos encontramos con que la dirección predominante en los movimientos de esta especie es la Norte-Sur, siguiendo el cauce del río, aunque en este caso también existen otros movimientos transversales menos frecuentes hacia otras zonas de alimentación.

Otra especie que destaca es el Cormorán grande (*Phalacrocorax carbo*), en plena expansión en toda la Península y que no había sido citado en esta zona hasta finales de los ochenta. Desde entonces es una especie común durante el invierno en todo el cauce del Jarama y en las zonas húmedas del Aeropuerto de Madrid-Barajas.

En cuanto a las especies que en verano ocupan las masas forestales, durante la época invernal se produce un incremento importante de las poblaciones de muchos passeriformes, que además forman grandes bandos que se desplazan por todos los terrenos despejados en busca de alimento. También tienden a agruparse en grandes bandos especies como los Estorninos, muy abundantes todo el invierno. Los Ratoneros ven incrementado su número con ejemplares procedentes del interior del continente, haciéndose muy abundantes por todo el territorio descrito, y en zonas de arbolado disperso o terrenos despejados es fácil ver al Esmerejón (*Falco columbarius*).

Además de lo anterior, en la época fría es característica la presencia de bandos de Avefría (*Vanellus vanellus*), la Grajilla (*Corvus monedula*) o Gaviota reidora (*Larus ridibundus*). Esta última realiza desplazamientos siguiendo el curso del río, moviéndose



entre las depuradoras y vertederos en los que se alimenta y las zonas de descanso. No es sin embargo tan frecuente en este lugar como en otros puntos de la Comunidad de Madrid.

### 3.3. AVES PRESENTES EN ÉPOCAS DE PASO

Merece un comentario aparte la ornitofauna que ocupa la zona estudiada durante las épocas de paso, ya que es en esos momentos cuando el río y su entorno inmediato adquieren una importancia esencial como corredor ecológico para la migración de las aves.

Tanto durante el paso primaveral como en otoño es fácil observar volando sobre el entorno del río Jarama grandes bandos de especies migradoras como las Grullas (*Grus grus*), Gansos, Cigüeñas, Milanos, Águilas calzadas, anátidas, etc. La dirección de vuelo observada es en la mayor parte de los casos coincidente con la del río, siendo muy raro observar otras direcciones de desplazamiento.

En algunas ocasiones estos bandos han utilizado la zona descrita para descansar en su viaje de migración, no permaneciendo en general en este lugar periodos importantes de tiempo. Sin embargo destacamos una vez más la importancia para estas especies de un medio como el descrito en un lugar que es utilizado como ruta migratoria por muchas de ellas.

### 3.4. OTROS GRUPOS DE FAUNA

El grupo de los peces aparece representado en esta zona por especies características de tramos medios y bajos de ríos moderadamente contaminados, destacando la existencia de varias especies introducidas que han dañado aún más si cabe las poblaciones autóctonas. En cuanto a los anfibios existen poblaciones importantes en los alrededores de todas las zonas húmedas, siendo la especie más frecuente la Rana común (*Rana ridibunda*).

Los reptiles son relativamente abundantes en todo el lugar, destacando por su curiosidad la importante población de Galápago leproso (*Mauremys caspica*) existente en las charcas del Aeropuerto. En los terrenos despejados abundan especies como el Lagarto ocelado (*Lacerta lepida*) o la Culebra de escalera (*Elaphe scalaris*), que aparecen atropelladas muchas veces durante la primavera en las carreteras y caminos de la zona.

Entre los mamíferos destaca la importante densidad de Conejo (*Oryctolagus cuniculus*) y Liebre (*Lepus capensis*) en toda la zona, pero de manera especial en lugares como el Aeropuerto en los que no son cazados. Se conoce además la presencia de otras especies como el Jabalí (*Sus scrofa*); el Erizo común (*Erinaceus europaeus*), que aparece en ocasiones atropellado en las carreteras en las proximidades del río Jarama; Zorro (*Vulpes vulpes*), muy abundante en todos los lugares en los que encuentra algo de refugio; Turón (*Putorius putorius*); Lirón careto (*Eliomys quercinus*) y Gato montés



(*Felis silvestris*), que ha sido visto en las proximidades del Aeropuerto y que posiblemente cace por toda la zona.

### 3.5. ESTUDIO DE VULNERABILIDAD Y CONSERVACIÓN

Independientemente del estudio anterior, es posible realizar un análisis faunístico desde el punto de vista conservacionista. Ello es lo que se lleva a cabo a continuación.

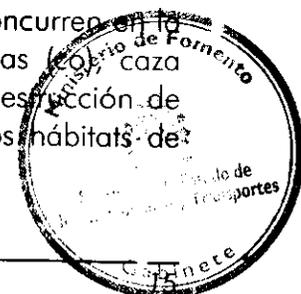
La zona de estudio de fauna comprende los terrenos ocupados directamente para la ampliación del aeropuerto, considerándose, en cualquier caso, la presencia de especies sensibles desde el punto de vista de la conservación, o de interés para la navegación aérea, aunque se encuentren fuera de la zona de ocupación del suelo.

El inventario de especies se recoge en forma de matriz, que incluye todos los datos detallados a continuación, de la A a la R; a cada dato, a partir del B, se le ha asignado un valor numérico, de modo que sea posible definir y calcular un valor de vulnerabilidad, uno de interés y uno de conservación (media de ambos), a partir de unas fórmulas que se explican más adelante.

- A) **ESPECIE.** Aparece el nombre vulgar, para facilitar la comprensión del listado.
- B) **ESTADO DE CONSERVACIÓN.** Según el criterio de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) para las categorías de amenaza de las poblaciones de cada especie en el contexto de su distribución nacional, que son:
- EX: extinguida, o sea, no localizada con certeza en los últimos 50 años. Valor numérico: 0.
  - E: en peligro, o sea, de supervivencia improbable en las condiciones actuales. Se le asigna el valor numérico 5.
  - V: vulnerable, o sea, que entrarían en la categoría anterior de mantenerse las condiciones actuales. Valor: 4
  - R: rara, que son poblaciones pequeñas en densidad o en número que corren riesgo. Valor: 3
  - I: indeterminada, o sea, que se sabe es de alguna de las categorías anteriores. Valor: 2
  - K: poco conocida, especie de la que se carece de suficiente información. Valor: 2, igual que el anterior.
  - O: fuera de peligro, se han tomado medidas para su conservación. Valor: 1
  - NA: no amenazada, lo que no implica que carezcan de protección legal. Valor: 1, también.



- C) **DENSIDAD-ABUNDANCIA.** Indica la frecuencia con que los individuos de una especie se presentan en el área de estudio en su momento de máxima densidad (época más favorable). La escala constará de cinco clases: muy abundante (1), abundante (2), escasa (3), rara (4) y muy rara (5). Cada clase asigna un valor ordinal, abarcando desde la cercanía al límite de capacidad de soporte del medio (la 1, muy abundante) hasta la presencia irregular y en escasa cantidad, poco o nada predecible (la 5, muy rara).
- D) **HÁBITAT DE CRÍA.** Se refiere al ámbito territorial de reproducción dentro de la zona de estudio, tipificando el hábitat en correspondencia con su biotopo: cultivos/eriales (ce), pinares (pi), riberas (ri), o bien todos ellos (to). Según la extensión del hábitat, tendrá un mayor valor numérico, y para cada especie se suman los de todos sus hábitats.
- E) **HÁBITAT DE ALIMENTACIÓN.** Del que la especie obtiene sus recursos tróficos; se usan los mismos biotopos que en el apartado anterior.
- F) **ESTATUS DE PROTECCIÓN LEGAL.** Según la legislación vigente, Real Decreto 439/1990: no protegida (o sea, no incluida en él, valiendo 1 punto), o protegida I (valor de 3 puntos) ó II (valor de 2 puntos) según esté recogida en el Anexo I ó en el II, respectivamente.
- G) **H. I. J. K. RÉGIMEN DE PROTECCIÓN INTERNACIONAL.** Según el Convenio de Washington (G), el de Berna (H), el de Bonn (I), la Directiva de Aves (J), o la Directiva de Hábitats (K). Valor: un punto por cada inclusión en un convenio.
- L) **ESPECIES COMERCIALIZABLES.** Según el Real Decreto 1118/1989; se coloca un (1) si está en la lista del RD, y un (0) si no lo está.
- M) **RÉGIMEN CINEGÉTICO/ PISCÍCOLA.** Según las Órdenes de Veda vigentes en la Comunidad de Madrid o de Castilla-La Mancha. La inclusión la indicará un (1), y la no inclusión un (0).
- N) **INTERÉS NATURALÍSTICO.** En una escala de 1 a 5, refleja el interés naturalístico en orden creciente, considerando la abundancia de trabajos científicos y la simpatía o aceptación de la especie por el hombre (aproximación a la curva de Simmons)
- O) **INTERÉS CINEGÉTICO/ PISCÍCOLA.** Independientemente de la legalidad de su captura, se escala con tres valores en orden creciente de interés.
- P) **INTERÉS ECONÓMICO.** Actual mercado local, regional, nacional o internacional existente en base a la especie, sea este mercado legal o ilegal. La escala de valoración es la misma que en el apartado anterior.
- Q) **AMENAZAS.** Se relacionan las amenazas que pueden surgir o que concurren en la actualidad sobre las especies inventariadas: contaminación de aguas (ca), caza furtiva o sobrecaza (c), epizootias (ep), venenos (v), expolio (ex) o destrucción de nidos, pesticidas (p), molestias (m), destrucción y/o alteración de los hábitats de



cría (hc) o de alimentación (ha), falta de alimento (fa), contaminación genética (cg), destrucción de refugios (re) o competencia con especies exóticas(ee).

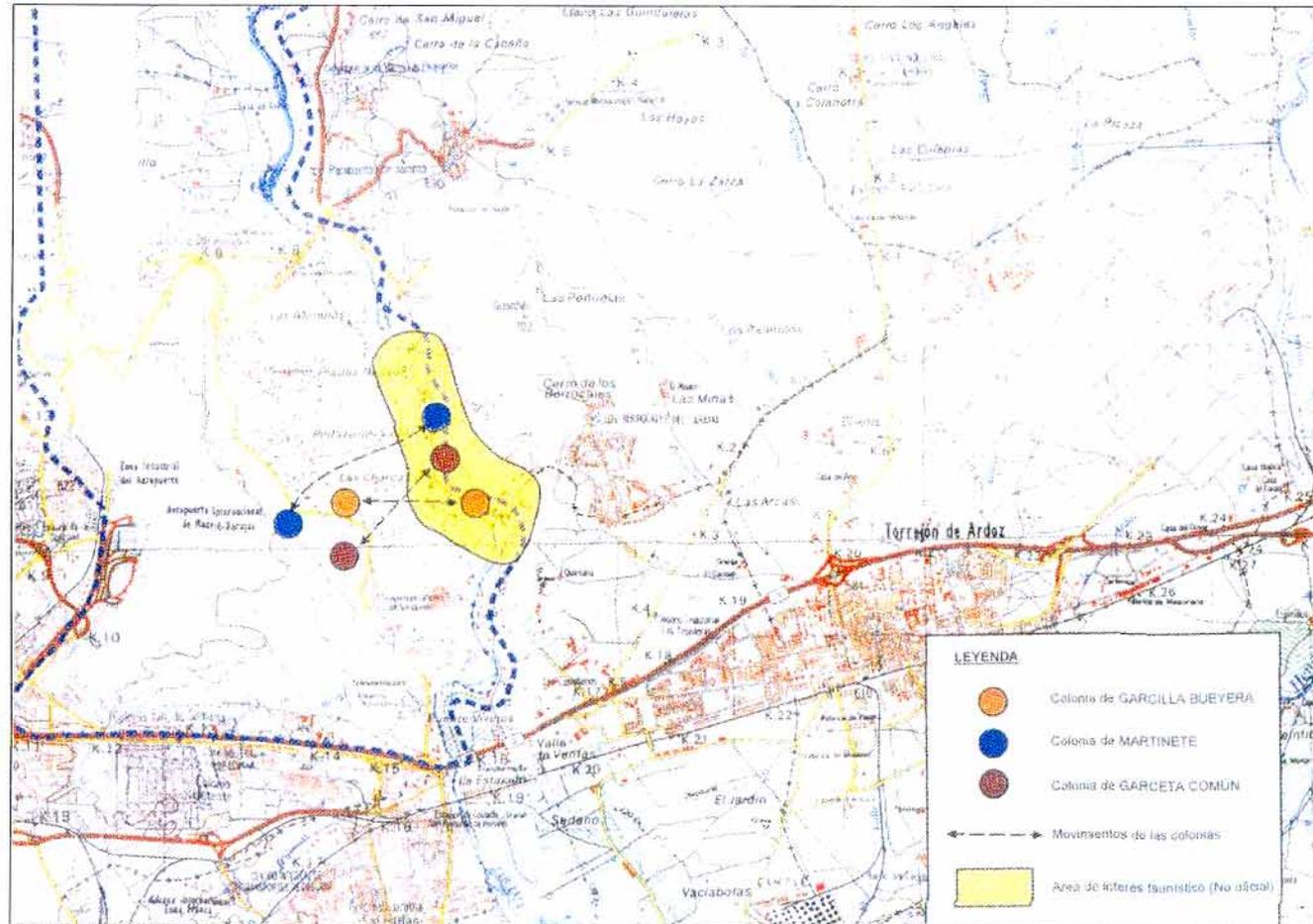
Se asigna como valor numérico el número de amenazas de la especie en cuestión.

R) CARÁCTER ENDÉMICO O INTRODUCIDO. Se asigna un (1) si la especie es endémica, y un (0) si no lo es.

El mapa de la página siguiente ilustra la situación geográfica de las especies y áreas con mayor interés faunístico.



Ilustración 7. Especies y áreas de interés faunístico



Fuente: Estudio de Impacto Ambiental. FSAM Fase III



Tabla 1. Relación de especies inventariadas

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
AVES																	
Martinete	R	3	ri	ri	II	-	II	-	I	-	0	0	2	1	1	hc	-
Aguilucho cenizo	V	3	ce	ce	II	C1	II	II	I	-	0	0	3	1	1	hc	-
Esmerejón	K	3	-	ce	II	C1	II	II	I	-	0	0	2	1	1	-	-
Alcotán	K	3	-	pi	II	C1	II	II	-	-	0	0	3	1	1	-	-
Perdiz roja	NA		ce	ce	-	-	III	-	II,III	-	1	1	4	3	2	-	-
Sisón	I	3	ce	ce	II	-	II	-	I	-	0	0	2	2	1	c	-
Alcaraván	K	3	ce	ce	II	-	II	II	I	-	0	0	2	1	1	p	-
Agachadiza común	K	3	-	ri	-	-	III	II	II,III	-	0	0	3	2	1	-	-
Tórtola común	V	3	pi,ri	pi,ri	-	-	III	-	II	-	0	1	4	2	2	c	-
Críalo	K	5	pi	pi	II	-	II	-	-	-	0	0	2	1	1	-	-
Chotacabras pardo	K	3	pi	pi	II	-	II	-	-	-	0	0	2	1	1	-	-
Martín pescador	K	3	ri	ri	II	-	II	-	I	-	0	0	2	1	1	ha	-
Carraca	R	5	ri	ri	II	-	II	II	I	-	0	0	2	1	1	-	-
MAMÍFEROS																	
Liebre	NA	3	ce,pi	ce,pi	-	-	III	-	-	-	1	1	3	3	2	-	end
Conejo	NA	3	to	to	-	-	-	-	-	-	1	1	4	3	2	ep	-
Turón	K	4	ri	ri	-	-	III	-	-	V	0	0	2	1	1	hc	-

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
AVES																	
Martinete	3	3	12	12	2	0	1	0	1	0	0	0	2	1	1	1	0
Aguilucho cenizo	4	3	5	5	2	1	1	1	1	0	0	0	3	1	1	1	0
Esmerejón	2	3	0	5	2	1	1	1	1	0	0	0	2	1	1	0	0
Alcotán	2	3	0	14	2	1	1	1	0	0	0	0	3	1	1	0	0
Perdiz roja	1	3	5	5	1	0	1	0	1	0	1	1	4	3	2	0	0
Sisón	2	3	5	5	2	0	1	0	1	0	0	0	2	2	1	1	0
Alcaraván	2	3	5	5	2	0	1	1	1	0	0	0	2	1	1	1	0



Agachadiza común	2	3	0	12	1	0	1	1	1	0	0	1	3	2	1	0	0	
Tórtola común	4	3	11	11	1	0	1	0	1	0	0	1	4	2	2	1	0	
Críalo	2	5	14	14	2	0	1	0	0	0	0	0	2	1	1	0	0	
Chotacabras pardo	2	3	14	14	2	0	1	0	0	0	0	0	2	1	1	0	0	
Martín pescador	2	3	12	12	2	0	1	0	1	0	0	0	2	1	1	1	0	
Carraca	3	5	12	12	2	0	1	1	1	0	0	0	2	1	1	0	0	
<b>MAMÍFEROS</b>																		
Liebre	1	3	2	2	1	0	0	1	0	0	1	1	3	3	2	0	1	
Conejo	1A	3	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	4	3	2	1	0	
Turón	2	4	12	12	1	0	1	0	0	1	0	0	2	1	1	2	0	

Fuente: Estudio de Impacto Ambiental. FSAM Fase III

Ilustración 8. Martinete y garcilla bueyera (Foto: F. Sepúlveda)



Fuente: Estudio de Impacto Ambiental. FSAM Fase III



Con todos estos datos, se introducen los siguientes conceptos:

$$\text{Vulnerabilidad} = B+C+((D+E)/2)+Q$$

$$\text{Interés} = F+G+H+I+J+K+L+M+N+O+P+R$$

donde cada letra se corresponde con la columna homónima del inventario. Los valores obtenidos se asignan a intervalos, que definen la vulnerabilidad relativa y el interés relativo entre ellos según una escala de cinco niveles:

Intervalos de valores absolutos (fórmula)		Valor relativo
Vulnerabilidad	Interés	
[3,5]	[4,6]	1
(5,10]	[7,8]	2
(10,15]	[9,11]	3
(15,20]	[12,14]	4
>20	[15,>15]	5

Fuente: Estudio de Impacto Ambiental. FSAM Fase III

A partir de los valores relativos, el Valor de Conservación se define como la media de la Vulnerabilidad y el Interés. Su valor máximo se halla en el intervalo [4,5], y obviamente cuanto mayor sea más necesario será tomar medidas para evitar acciones negligentes sobre la especie en cuestión

Así, los valores absolutos y relativos del grado de vulnerabilidad, interés y conservación de cada especie identificada en la zona de estudio son los detallados en la siguiente tabla:

Tabla 2. Valores absolutos y relativos del grado de vulnerabilidad, interés y conservación asignados a cada especie relacionada en el aeropuerto de Madrid-Barajas

	Valores absolutos			Valores relativos		
	Vulnerabilidad	Interés		Vulnerabilidad	Interés	Valor de Conservación
AVES						
Martinete	19	8		4	2	3
Aguilucho cenizo	13	11		3	3	3
Esmerejón	7,5	10		2	3	2,5
Alcotán	12	10		4	3	3,5
Perdiz roja	9	14		2	4	3
Sisón	11	9		3	3	3
Alcaraván	11	9		3	3	3
Agachadiza común	11	11		3	3	3
Tórtola común	19	12		4	4	4
Críalo	21	7		5	2	3,5

Chotacabras pardo	19	7		4	2	3
Martín pescador	18	8		4	2	3
Carraca	20	9		4	3	3,5
MAMÍFEROS						
Liebre	6	13		2	4	3
Conejo	6	12		2	4	3
Turón	20	7		4	2	3

Fuente: Estudio de Impacto Ambiental. FSAM Fase III

Como se puede apreciar, ninguna especie supera el valor de 3,5, lo que indica que no es necesario para ninguna de ellas tomar medidas especiales, pues no alcanza el valor máximo de conservación, siendo suficiente con el mantenimiento de sus hábitats tal como se encuentran. La mayor vulnerabilidad la presenta el críalo, una especie de ave escasa, debida a lo inadecuado del hábitat y no a una potencial amenaza; el mayor interés es para la tórtola, la perdiz roja, la liebre y el conejo, debido fundamentalmente a su valor como piezas de caza.



Ilustración 9. Galápagos leproso posado en una rama (Foto: F. Sepúlveda)

Fuente: Estudio de Impacto Ambiental. FSAM Fase III

Otras especies de interés que no figuran en el inventario anterior por ser de presencia esporádica u ocasional son: cigüeña blanca, tarro blanco, aguilucho lagunero, azor, cernícalo primilla, halcón peregrino, grulla, avutarda, ortega, ganga, avión zapador y gorrión chillón. Además, existen multitud de especies de vertebrados de escasa relevancia, siendo destacable si acaso la presencia del galápagos leproso, especie protegida pero no amenazada, y la del zorro común, cuya presencia se ha incrementado notablemente dentro del recinto aeroportuario por la inexistencia de molestias (salvo el ruido) y de actividad cinegética.

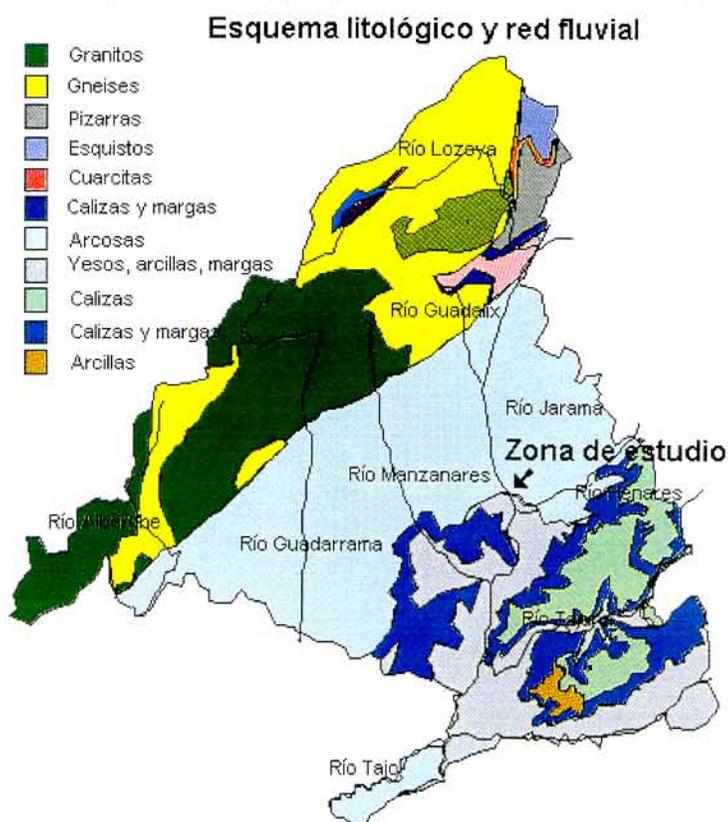
En cuanto a la presencia de invertebrados, no existen especies destacables por su valor de conservación.

#### 4. HIDROLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA. CALIDAD DE LAS AGUAS

El emplazamiento de Barajas se integra, desde el punto de vista hidrogeológico, en el denominado Sistema Acuífero N° 14 Terciario Detrítico de Madrid-Toledo-Cáceres, y que se ha definido posteriormente como Unidad Hidrogeológica 03.04 Guadalajara y Unidad Hidrogeológica 03.05 Madrid-Talavera, en la que se encuentra el emplazamiento (según la Delimitación de Unidades Hidrogeológicas de la España Peninsular e islas Baleares).

La zona de estudio descrita en la Memoria se ubica en la Comunidad de Madrid, cuyo esquema litológico y red fluvial se muestra en la figura siguiente.

Ilustración 10. Esquema litológico y red fluvial de la Comunidad de Madrid



Fuente: Estudio de Impacto Ambiental. FSAM Fase III

De la red de control piezométrico del sistema acuífero n° 14 sólo un punto está situado dentro del emplazamiento de Barajas, el n° 1921-8-162. En los últimos diez años sólo se han realizado tres medidas por lo que se han tomado también los datos de dos puntos de control próximos: el n° 1921-8-54 en el que dejó de medirse el nivel en abril de 1996 y el n° 1921-8-129.



Las medidas tomadas en el punto 1921-8-54 permiten conocer la evolución del acuífero en épocas recientes, que presenta oscilaciones de nivel en torno a los 22 m, lo que representa cotas piezométricas del orden de 615 m.s.n.m..

El punto de control nº 1921-8-129 muestra la evolución piezométrica hasta épocas recientes, encontrándose el agua en el sondeo a una profundidad de 1,89 m en abril de 1998, lo que corresponde a una cota piezométrica de 584,11 m s.n.m.

Tabla 3. DATOS DE LA RED DE CONTROL PIEZOMÉTRICO

1921-8-54 SITUACIÓN			1921-8-129 SITUACIÓN			1921-8-162 SITUACIÓN		
PERÍODO: 1988 / 1996			PERÍODO: 1991 / 1998			PERÍODO: 1995 / 1996		
X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
450,319	4,484,503	638	453818	4485861	586	452148	4484321	581
PROFUNDIDAD OBRA: 167			PROFUNDIDAD OBRA: 70			PROFUNDIDAD OBRA: 125		
FECHA	NIVEL	COTA	FECHA	NIVEL	COTA	FECHA	NIVEL	COTA
21/01/88	19.48	618.52	23/09/91	0.54	585.46	19/04/95	0	581.00
5/03/88	19.23	618.77	9/09/92	0.83	585.17	5/10/95	0	581.00
11/05/88	19.12	618.88	24/09/93	1.44	584.56	20/04/96	0	581.00
21/07/88	19.84	618.16	10/04/94	0.24	585.76			
29/09/88	21.17	616.83	11/10/94	0.25	585.75			
15/12/88	19.78	618.22	19/04/95	1.50	584.50			
16/03/89	20.27	617.73	5/10/95	4.90	581.10			
9/06/89	20.44	617.56	20/04/96	4.10	581.90			
28/09/89	22.10	615.90	20/09/96	3.60	582.40			
11/01/90	21.66	616.34	11/11/97	3.80	582.20			
4/04/90	21.10	616.90	14/04/98	1.89	584.11			
24/07/90	22.99	615.01						
10/10/90	22.38	615.62						
13/03/91	22.16	615.84						
23/09/91	22.45	615.55						
1/04/92	22.12	615.88						
9/09/92	22.37	615.63						
23/03/93	20.75	617.25						
24/09/93	24.66	613.34						
10/04/94	21.84	616.16						
11/10/94	21.13	616.87						

Fuente: Estudio de Impacto Ambiental. FSAM Fase III



#### 4.1. CALIDAD DE LAS AGUAS

##### Aguas superficiales

El río Jarama muestra un buen nivel de calidad en el curso alto hasta la confluencia con el río Guadalix cuyas aguas bajan contaminadas por los vertidos agropecuarios y los efluentes mal depurados de las urbanizaciones. A partir de este punto aumenta la contaminación como consecuencia de la incorporación de los vertidos de San Sebastián de los Reyes, Alcobendas, y de las cuencas de los arroyos de Valdedebas y Rejas, en Madrid. Aguas abajo la situación mejora ligeramente por la incorporación de los caudales del Henares hasta que recibe las aguas del Manzanares. En el último tramo, antes de verter en el Tajo, la calidad sigue descendiendo al recibir efluentes no depurados desde el Tajuña. Puede observarse, en todo caso, una mejoría en los últimos años aunque ello es debido principalmente al incremento en los caudales circulantes.

La calidad del agua en el tramo de estudio está controlada por dos estaciones de la red RECCA de la Comunidad de Madrid: la estación J 25 situada aguas arriba de la planta depuradora de Valdedebas y la estación J 26 situada junto al puente de la NII. Los datos de la estación J 25 son representativos de la situación aguas arriba del puente de Paracuellos, y los de la J 26 del tramo aguas debajo de este punto, aunque en éste tramo la situación empeora progresivamente al ir recibiendo el río sucesivamente los efluentes de las plantas depuradoras de Valdedebas, Rojas y Coslada.

Los vertidos autorizados en el tramo de estudio proceden de las EDARs de Arroyo de la Vega, Valdebebas y Rejas.

La EDAR de Arroyo de la Vega, que pertenece al Canal de Isabel II, trata las aguas residuales urbanas de Alcobendas y San Sebastián de los Reyes. Esta planta da servicio a una población equivalente de unos 350.000 habitantes. La planta trabaja por encima de su capacidad de diseño por lo que el Plan de Saneamiento y Depuración de la Comunidad de Madrid prevé construir en la zona una nueva depuradora, en el Arroyo Quiñones, para tratar las aguas residuales de San Sebastián de los Reyes.

La EDAR de Valdedebas, del Ayuntamiento de Madrid, trata las aguas de las poblaciones de la cuenca del arroyo del mismo nombre, en el sector este de Madrid, sirviendo a una población equivalente de unos 100.000 habitantes. Su capacidad de diseño ha sido ya sobrepasada y está prevista su ampliación en el marco del Plan Integral de Saneamiento de Madrid.

Finalmente, la EDAR de Rejas, la más importante de las tres, también perteneciente al Ayuntamiento de Madrid, trata las aguas de las poblaciones situadas en la cuenca del Arroyo de Rejas en Madrid, y sirve a una población equivalente de unos 500.000 habitantes. Su capacidad de diseño ha sido largamente sobrepasada. Igualmente, el Plan Integral de Saneamiento prevé su próxima ampliación. La calidad del agua en el

tramo de estudio es bastante baja y está sometida además a fuertes oscilaciones por la variación anual del régimen de caudales. Se producen también importantes variaciones estacionales de la calidad debido a la variación mensual de los caudales, siendo los caudales medios anuales superiores en dos a tres veces a los caudales del mes pésimo, que suele ser Agosto.

Para la evaluación del estado de calidad de las aguas se han utilizado los datos suministrados por las estaciones de control correspondientes al año 1996, últimos disponibles. También se toman en consideración los valores de los parámetros en los dos años anteriores, 1994 y 1995, que fueron años de sequía.

Al tramo en estudio llegan en total las aguas depuradas correspondientes a una población de 960.000 habitantes-equivalentes, de las que un 74% corresponden a las EDARs que vierten directamente en el tramo: Arroyo de la Vega, Valdebebas y Rejas.

Aunque la mayoría de estas EDARs, especialmente las más importantes, están operando con rendimientos aceptables según los criterios establecidos por las Directiva 91/271/CEE, la magnitud de los volúmenes vertidos en comparación con el caudal circulante y los periódicos vertidos sin depuración secundaria en situaciones de punta, producen un impacto importante en la calidad de las aguas del Jarama. A ello hay que añadir la innegable existencia de vertidos de aguas negras sin depurar, como lo atestigua la alta concentración de amonio, y el arrastre de sólidos en suspensión procedentes de la erosión de las cuencas vertientes. El resultado de todos estos factores es la progresiva degradación de la calidad de las aguas que alcanza su punto máximo en San Fernando de Henares. Aguas abajo, la incorporación de los caudales del Henares, que bajan menos contaminados, produce un aumento de la dilución y una mejora relativa de la calidad.

La figura de la página siguiente ilustra estos procesos en situaciones medias anuales. Se ha utilizado como parámetro representativo la carga total vertida expresada como el producto del caudal efluente (m<sup>3</sup>/seg) por la DQO (mg/l).

El resultado se expresa en toneladas de oxígeno consumido en el año. La carga anual vertida, considerando sólo las EDARs aguas abajo de Fuente el Saz (incluida ésta) es de 5.100 Tm/año de O<sub>2</sub>, cifra que representa el 76% de la carga que se detecta en la estación J 26

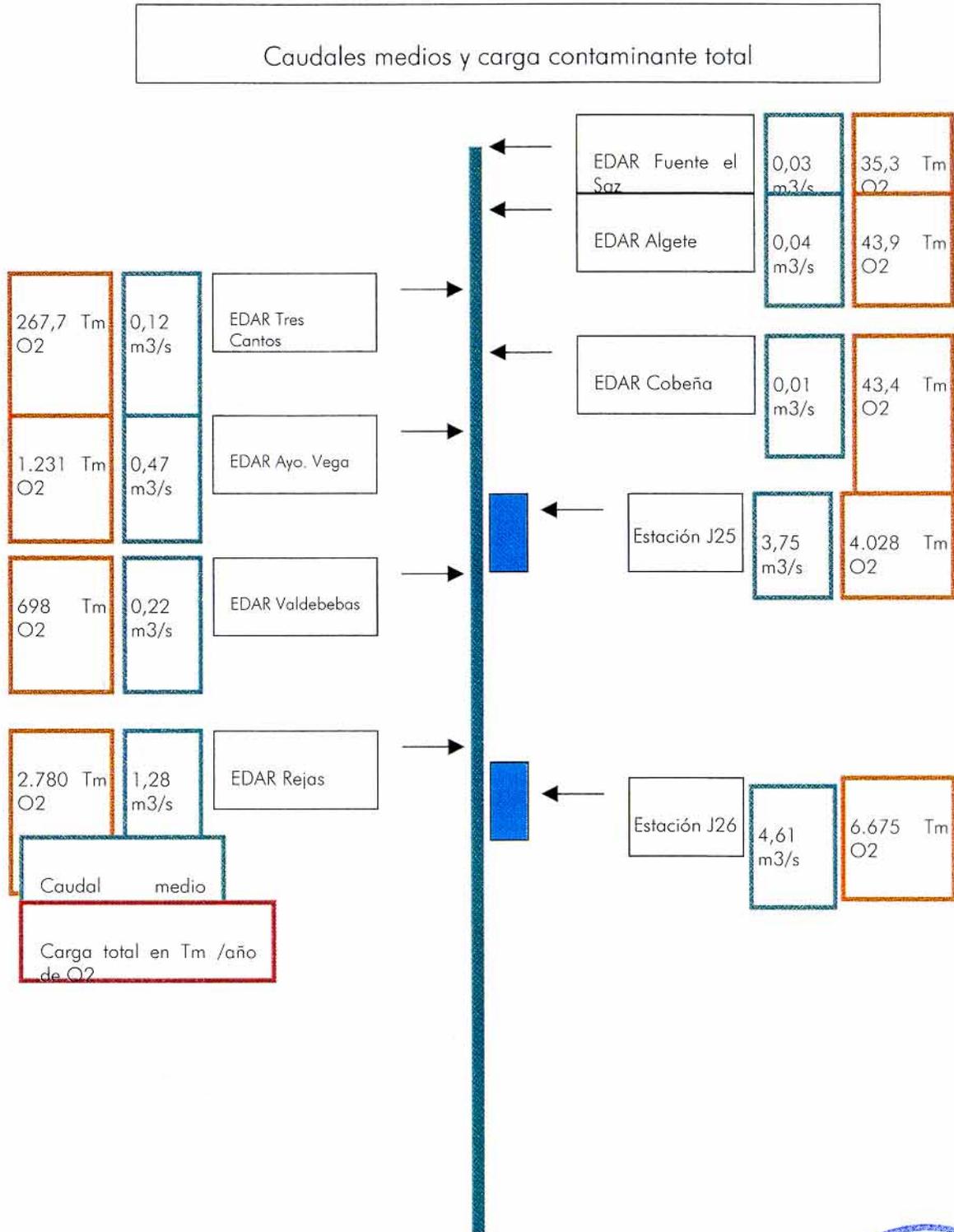
Si se observa el balance de cargas entre las estaciones J 25 y J 26, se puede obtener un aproximación a la capacidad de autodepuración del río que en esta sección de aproximadamente 10 km de longitud sería del 11% de la carga recibida.

Es de destacar también que aproximadamente un 33% del caudal circulante por la estación J 26 procede de las aportaciones de las EDARs de Valdebebas y Rejas.

La consecuencia de estas cargas así como de las procedentes de aguas no tratadas y de los arrastres de sólidos procedente de la erosión es una baja calidad general del agua, más acusada en el subtramo inferior del río.



Ilustración 11. Caudales medios y carga contaminante total en el río Jarama



Así, mientras el oxígeno disuelto en el tramo norte muestra aun un valor aceptable, 8,2 mg/l, en el tramo sur desciende a 6,4 mg/l, situándose por debajo del límite para la vida piscícola (7 mg/l). Destaca también la importancia de los sólidos en suspensión, 133 mg/l y 186 mg/l, valores muy por encima del límite aceptable para la vida piscícola (25 mg/l), lo que confiere a las aguas un alto grado de turbidez que dificulta en extremo la vida acuática. Finalmente es de destacar la fuerte concentración de amonio, 7,49 mg/l y 20,3 mg/l, respectivamente, muy por encima del límite aceptable (1 mg/l), lo que denota que se dan procesos de putrefacción de residuos orgánicos nitrogenados procedentes, bien del rebose de las estaciones depuradoras, bien de aguas fecales vertidas directamente. Es importante señalar que en la descomposición de los compuestos amoniacales se producen sustancias tóxicas, siendo por ello una contaminación especialmente grave. En línea con ello, la concentración de coliformes también es elevada. Como conclusión, el agua en el tramo de estudio no es adecuada ni para potabilización, baño, vida piscícola o riego.

Tabla 4. Estación J-25. Principales parámetros de calidad

	O <sub>2</sub> disuelto		Turbidez		Sol. Suspen.		DQO (mg/l)		NH <sub>4</sub> (mg/l)		NO <sub>3</sub> (mg/l)		Coliformes	
	Media anual	Media Agost.	Media anual	Media Agost.	Media anual	Media Agost.	Media anual	Media Agost.	Media anual	Media Agost.	Media anual	Media Agost.	Media anual	Media Agost.
1994	3,9	2,2	-	-	145	121	49	57	23,6	39,6	9,6	13,2	97117	1526 14
1995	5,6	4,2	67	66	238	228	64	110	23,1	32,2	12,9	9,4	20725 8	2811 57
1996	8,2	6,2	53	38	133	96	34	69	7,4	17	9,4	5,3	11536 9	3000 00

Fuente: Estudio de Impacto Ambiental. FSAM Fase III

Tabla 5. Estación J-26. Principales parámetros de calidad

	O <sub>2</sub> disuelto		Turbidez		Sol. Suspen.		DQO (mg/l)		NH <sub>4</sub> (mg/l)		NO <sub>3</sub> (mg/l)		Coliformes	
	Media anual	Media Agost.	Media anual	Media Agost.	Media anual	Media Agost.	Media anual	Media Agost.	Media anual	Media Agost.	Media anual	Media Agost.	Media anual	Media Agost.
1994	2,0	1,5	-	-	103	78	63	48	34,6	34,2	3,8	5,8	71198 5	3083 33
1995	3,4	4,1	64	56	247	164	73	47	38,7	31,9	5,7	6,4	61578 3	2980 00
1996	6,4	3,5	57	40	186	59	46	47	20,3	27,3	6,1	6,0	30553 3	4880 00

Fuente: Estudio de Impacto Ambiental. FSAM Fase III

En relación con la calidad de las aguas en los arroyos tributarios sólo se conocen los datos de una campaña de análisis realizada por Aena en 1993. Los datos muestran situaciones similares a las del curso principal.



Tabla 6. Análisis químicos de aguas superficiales en los arroyos del Jarama

Cauce	Facies química	Contenido en sales (meq/l)	Dureza	Contaminación orgánica DQO(mg/l O <sub>2</sub> ) DBO5(mg/l O <sub>2</sub> )	Contenido en nutrientes Fosfatos (mg/l)	Nitratos Nitritos Amonio
A° Vega	bicarbonatada cálcica	Alto (9,39)	Moderada	Muy alta DQO 94,86 DBO5 30,04	Alto (3,62)	Bajos No Muy alto
A° Zorreras	bicarbonatada cálcica sódica	Alto (7,30)	Moderada	Alta DQO 24,96 DBO5 4,93	Muy alto (9,04)	Alto Bajo Bajo
A° Valdebebas	bicarbonatada cálcica	Alto (8,62)	Moderada	Alta DQO 59,90 DBO5 24,90	Alto (1,64)	Bajo Bajo Alto

Fuente: Estudio de Impacto Ambiental. FSAM Fase III

### Aguas subterráneas

La información disponible sobre la calidad de las aguas subterráneas es más escasa. Solo dos puntos de la red de control de calidad gestionada por el ITGE se encuentran dentro del emplazamiento y las tomas de muestra y medidas de parámetros de calidad son esporádicas.

Con los datos disponibles se puede afirmar que se trata de aguas bicarbonatadas sódicas y mineralización media con conductividades eléctricas del orden de 400  $\mu$ S/cm. En algunos puntos la calidad del agua está influenciada por los materiales salinos de las facies centrales de la cuenca del Tajo, y las aguas subterráneas presentan mineralización alta y facies sulfatadas sódicas. Las concentraciones del ión nitrato son en algunos casos superiores a las concentraciones normales en aguas subterráneas no contaminadas.



## 5. METEOROLOGÍA. MÉTODOS DE CÁLCULO

### 5.1. ANÁLISIS PLUVIOMÉTRICO: DETERMINACIÓN DE CURVAS INTENSIDAD/DURACIÓN

La finalidad de este estudio es obtener las curvas Intensidad/Duración para diferentes periodos de retorno, que facilitarán los datos necesarios para el cálculo del drenaje de las distintas zonas del aeropuerto.

En función de la importancia operativa de las zonas a drenar se tomará el periodo de retorno más adecuado a las mismas; lo usual es que para el cálculo de las infraestructuras de drenaje del área de movimiento se tomen 5 ó 10 años, mientras que para los cauces e infraestructuras de drenaje transversal en España se utiliza el periodo de retorno de 500 años.

Como fuente de información para elaborar este estudio, se dispone de la serie histórica de las precipitaciones máximas anuales registradas en la estación meteorológica de Madrid-Barajas en intervalos de 24 h correspondientes a un periodo de 48 años, comprendido entre 1951 y 1998.

Las estimaciones de las precipitaciones de lluvia en aeropuertos se dan en intensidades específicas, que son las equivalentes en una hora expresadas en l/m<sup>2</sup> ó mm/h

Para establecer las precipitaciones que corresponden a distintos periodos de retorno a partir de series estadísticas de observaciones meteorológicas se emplea el método de Gumbel. De esta forma, se obtiene un valor de la precipitación de intensidad máxima que quepa esperar dentro de un determinado periodo de tiempo.

Siendo n el número de valores diarios anuales independientes de la precipitación y E<sub>x</sub> el número medio anual de valores que exceden a uno dado x, la probabilidad de que un valor diario no supere a x es  $1 - [E_x / n]$ .

El ajuste de la distribución se hace mediante una variante del método de mínimos cuadrados debido a Chow.

Obtenidas las series de precipitaciones máximas anuales durante periodos dados, se ordenan de mayor a menor de 1 a n, siendo x el valor de la observación situado en lugar m.

La probabilidad o frecuencia acumulada en tanto por uno de que se presente en las n observaciones un valor menor que m es, para un periodo de retorno T,

$$p = \frac{m}{n+1} = \frac{T-1}{T}$$



Adoptando la variable reducida del método de Gumbel - Chow:

$$y = -\text{LnLn} \frac{n+1}{m}$$

y obtenidos los pares ( x , y ), se representan estos en una gráfica. Como los puntos están aproximadamente alineados, la serie de precipitaciones se ajusta a la distribución de Gumbel.

Llamando a las siguientes variables:

$\bar{X}$  = media de la serie.

$S_x$  = desviación típica de la serie.

$Y_T$  = variable reducida para un periodo de retorno T,  $Y_T = -\text{LnLn} \frac{T}{T-1}$

$Y_N$  = media de la variable reducida.

$S_N$  = desviación típica de la variable reducida.

La recta de Gumbel - Chow para un periodo de retorno T es:

$$X_T = \bar{X} + \frac{Y_T - Y_N}{S_N} S_x = A \cdot Y_T + B$$

donde la pendiente de la recta vale:

$$A = S_x / S_N ,$$

y el término independiente es  $B = \bar{X} - Y_N \cdot S_x / S_N$ .

Para dibujar las curvas Intensidad/Duración para distintos periodos de retorno, se transforman las intensidades observadas en intensidades específicas.

A estas precipitaciones máximas por hora durante t minutos se aplica el ajuste de Gumbel - Chow, obteniéndose así una serie de puntos para un periodo de retorno que permite dibujar la curva.

Para elaborar el ajuste de Gumbel se ha partido de la citada serie histórica de las precipitaciones máximas anuales registradas en la estación meteorológica del aeropuerto de Barajas en intervalos de 24 h correspondientes al periodo de años 1951-1998. Estos datos estadísticos se han ordenado por la intensidad de la precipitación. A cada valor extremo se le asigna una probabilidad o frecuencia acumulada, en porcentaje, que viene dada por  $100m/(n+1)$ , siendo n el número de

años de la serie ( $n=48$  en este caso), y  $m$  el número de orden del valor máximo correspondiente.

La tabla de datos obtenida es la siguiente:

Tabla 7. Precipitaciones máximas anuales. Período 1951-1998

Número de orden (año de precipitación)	Precipitación máxima en 24 h (mm)
1 (1992)	15,5
2 (1990)	16,3
3 (1967)	16,7
4 (1994)	19,8
5 (1968)	22,2
6 (1985)	23,3
7 (1996)	23,4
8 (1964)	24,0
9 (1974)	24,0
10 (1969)	24,4
11 (1954)	24,7
12 (1983)	25,4
13 (1980)	26,6
14 (1976)	26,8
15 (1991)	26,9
16 (1970)	27,2
17 (1973)	28,1
18 (1998)	29,6
19 (1986)	29,9
20 (1975)	30,0
21 (1981)	30,0
22 (1977)	30,3
23 (1995)	30,8
24 (1978)	31,0
25 (1987)	31,6
26 (1955)	31,8
27 (1961)	32,2
28 (1984)	32,7
29 (1979)	32,9
30 (1966)	33,0
31 (1993)	33,5
32 (1988)	35,6
33 (1971)	35,7
34 (1989)	35,8
35 (1956)	35,9
36 (1951)	37,9
37 (1997)	38,8
38 (1959)	40,5
39 (1982)	40,6
40 (1958)	41,1
41 (1960)	45,0
42 (1962)	45,0



43 (1953)	50,0
44 (1965)	56,6
45 (1952)	67,0
46 (1972)	70,7
47 (1957)	72,9
48 (1963)	73,4

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología

De este histórico de datos se obtiene su media y su desviación típica, resultando los valores:

$$\bar{X} = 34.52 \text{ mm}$$

$$S_x = 13.71 \text{ mm}$$

Y calculando también la media y la desviación típica de la variable reducida:

$$Y_N = 0.55$$

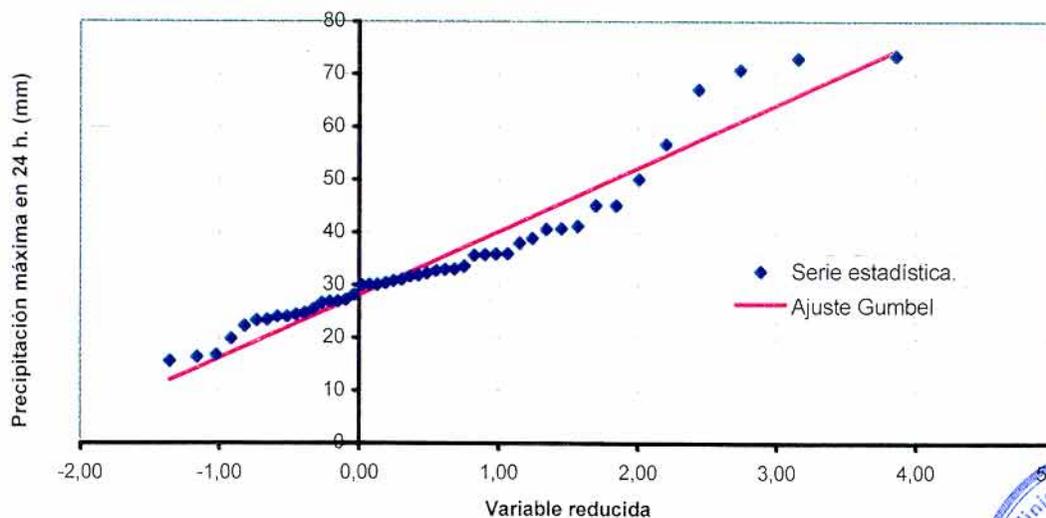
$$S_N = 0.16$$

La ecuación de regresión de Gumbel - Chow, que arroja las precipitaciones en función del periodo de retorno a través de la variable reducida, es:

$$X_T = 11.970 \cdot Y_T + 28.077 \text{ (mm)}$$

En el gráfico siguiente se puede apreciar de forma gráfica este ajuste.

Ilustración 12. Ajuste Gumbel



Fuente: Elaboración propia



Con la recta de regresión se obtienen las precipitaciones máximas esperadas en función del período de retorno, que se muestran en la tabla siguiente.

Tabla 8. Precipitaciones esperadas en función del período de retorno

Frecuencia (años)	Probabilidad de que no se supere ese valor (%)	Precipitación en 24 h (mm)	Precipitación en 24 h (mm/h)
2	50,00	32,38	1,35
5	80,00	45,80	1,91
10	90,00	54,69	2,28
20	95,00	63,21	2,63
25	96,00	65,92	2,75
50	98,00	74,25	3,09
100	99,00	82,51	3,44
200	99,50	90,75	3,78
500	99,80	101,62	4,23

Fuente: Elaboración propia

Para calcular ahora las distintas curvas Intensidad/Duración para cada frecuencia, han de emplearse unos coeficientes de correlación, que, para la zona donde se encuentra el aeropuerto de Barajas (zona A), son:

$$\begin{aligned}
 x_{24h} &= 0.60 \cdot x_{12h} & x_{12h} &= 0.58 \cdot x_{6h} & x_{6h} &= 0.31 \cdot x_{1h} & x_{2h} &= 0.59 \cdot x_{1h} \\
 x_{30'} &= 1.70 \cdot x_{1h} & x_{20'} &= 2.15 \cdot x_{1h} & x_{10'} &= 3.05 \cdot x_{1h}
 \end{aligned}$$

Teniendo en cuenta estos coeficientes se obtienen los resultados de la siguiente tabla:

Tabla 9. Intensidad de las precipitaciones en función de la frecuencia

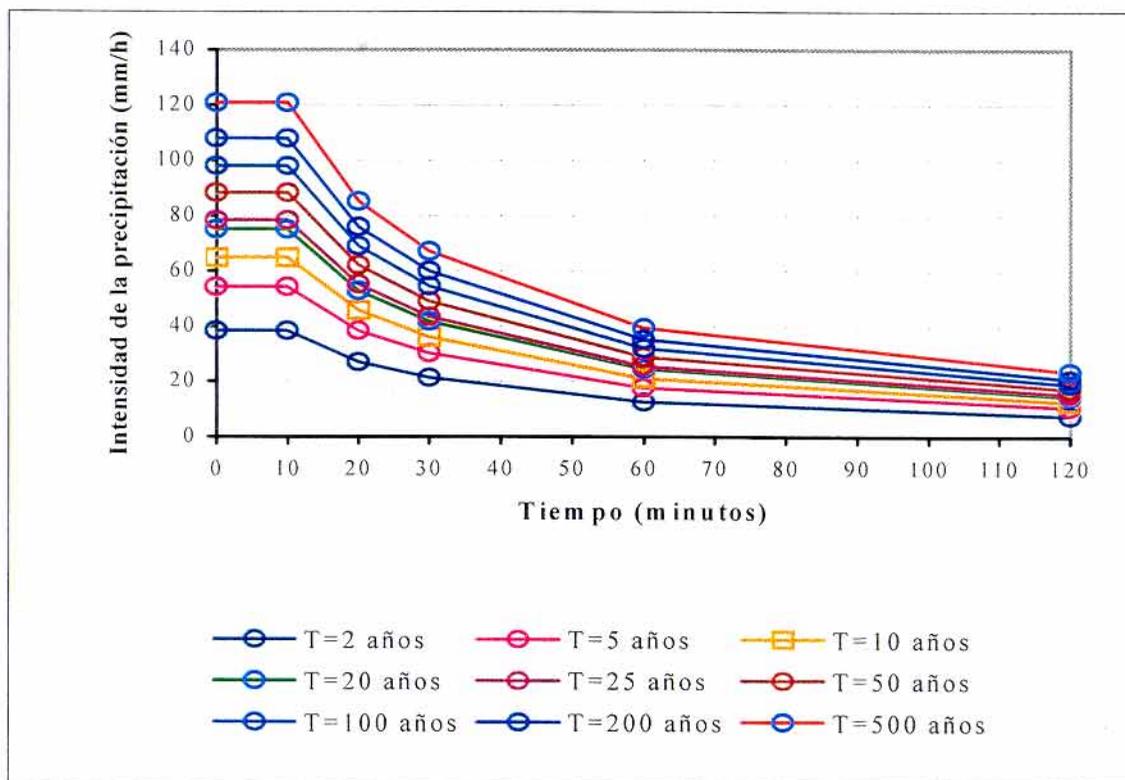
Frecuencia	12 h.	6 h.	2 h.	1 h.	30 min.	20 min.	10 min.
2	3.78	6.51	12.81	21.00	30.66	36.96	46.62
5	5.28	9.10	17.90	29.35	42.85	51.65	65.16
10	6.29	10.84	21.32	34.96	51.04	61.52	77.61
20	7.25	12.50	24.59	40.32	58.86	70.96	89.51
25	7.54	13.00	25.57	41.93	61.21	73.79	93.08
50	8.49	14.63	28.78	47.19	68.89	83.05	104.76
100	9.42	16.24	31.95	52.38	76.47	92.18	116.28

Fuente: Elaboración propia

Se presentan, a continuación, los gráficos Intensidad/Duración/Frecuencia, contruidos a partir de los valores de las tablas anteriores y empleando unos coeficientes de correlación que dependen de la zona de ubicación del aeropuerto; en el caso de Barajas, la zona es la denominada A .

Ilustración 13. Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia





Fuente: Elaboración propia



## 5.2. ANALISIS EOLICO. CALCULOS

El coeficiente de utilización de pista por direcciones se calcula por un procedimiento gráfico - analítico, añadiendo al porcentaje de casos de viento de intensidad menor que la del sector 17-21 kt, la suma de frecuencias de los casos de viento de intensidad superior que corresponden a sectores de semiapertura  $\varepsilon$  a uno y otro lado de un acimut  $\alpha$ , siendo:

$$\varepsilon = \arcsen \frac{T}{I}$$

donde  $T=20$  kt es la máxima componente transversal admitida e  $I$  es la intensidad máxima del intervalo considerado.

La hoja de cálculo del porcentaje de absorción de vientos se muestra en la páginas siguiente. En los gráficos que se adjuntan figuran las curvas suma de la distribución de frecuencias, y el diagrama de absorción de vientos.

Para el cálculo de coeficientes de utilización por sentidos, se contempla además de la limitación por componente de viento transversal superior a 20 kt, la limitación derivada de una componente en cola máxima de 6 kt.

Ahora es necesario restar el porcentaje de casos en los que el viento produce una componente en cola de  $L=6$  kt, lo que se traduce en un sector angular de semiapertura  $\omega$ , tal que:

$$\omega = \arccos \frac{L}{I}$$

Este nuevo análisis ofrece para cada dirección la identificación del umbral preferente como consecuencia de su porcentaje de utilización por limitaciones derivadas del viento.

De igual manera se exponen la tabla de cálculo de porcentajes de utilización de pista a restar a los obtenidos anteriormente debido a la nueva limitación, y los gráficos de frecuencias acumuladas por sentidos y el diagrama de absorción de viento.

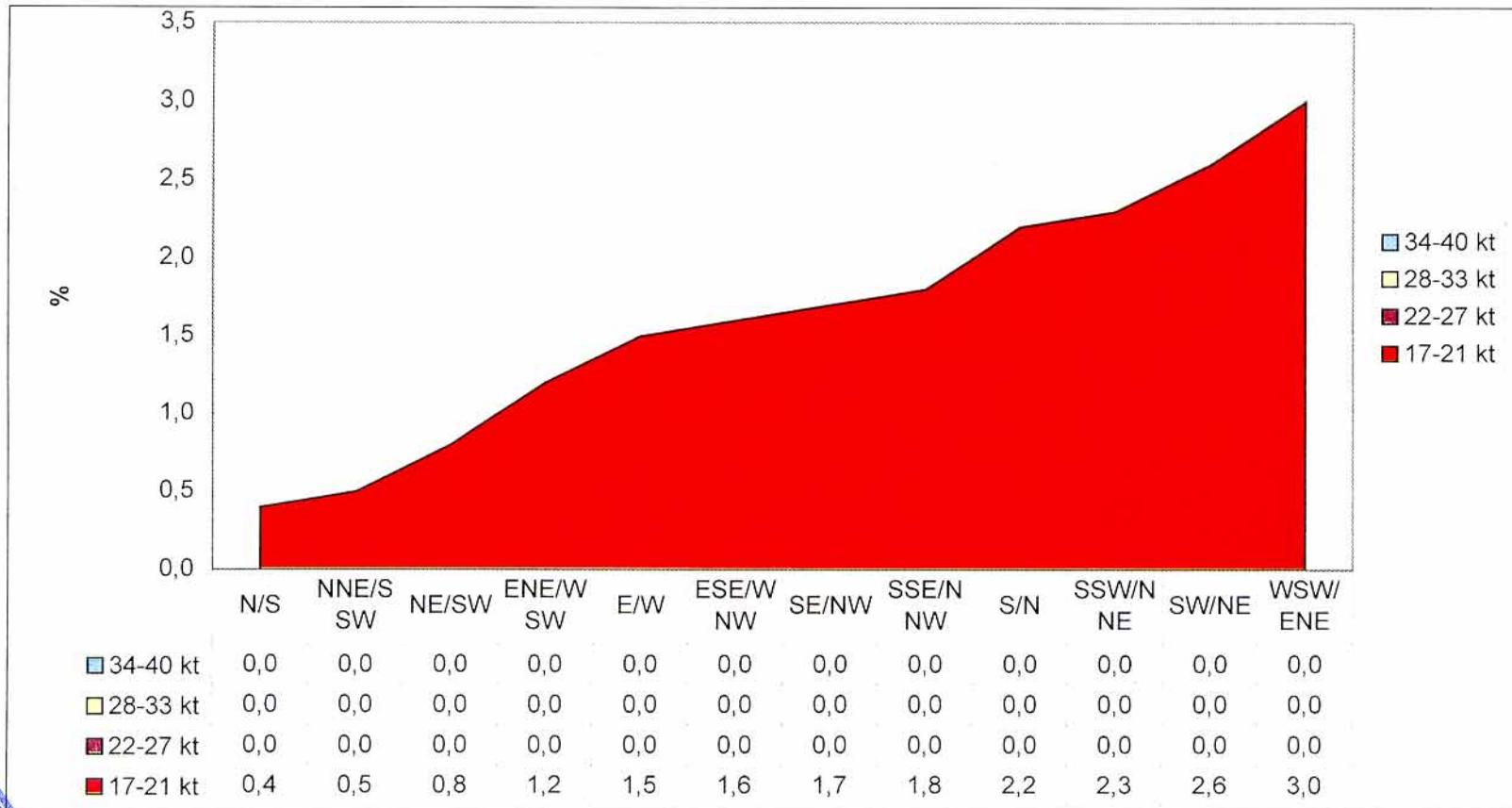
Además, se ha incluido una rosa de vientos, presentada también en la Memoria, que representa la distribución por sectores con sus divisiones según el sentido del viento y su intensidad, así como la franja absorbida por cada dirección de pista presente en Barajas.



SUMAS DE LA DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS				DIRECCIONES DE LOS VIENTOS		% DE VIENTOS INFERIORES A T=20 kt: 97,9					%		
1°	2°	3°	4°			1'	2'	3'	4'	Suma			
17-21 kt	22-27 kt	28-33 kt	33-40 kt										
0,4	0,0	0,0	0,0	N	0° 180°	+ ε	2,88	0,00	0,00	0,00	2,88		
0,0	0,0	0,0	0,0	S		- ε	1,53	0,00	0,00	0,00	1,53		
0,4	0,0	0,0	0,0	π / 16		Δ		1,36	0,00	0,00	0,00	1,36	99,3
0,1	0,0	0,0	0,0	NNE	22°30' 202°30'	+ ε	3,21	0,00	0,00	0,00	3,21		
0,0	0,0	0,0	0,0	SSW		- ε	1,63	0,00	0,00	0,00	1,63		
0,5	0,0	0,0	0,0	3π / 16		Δ		1,58	0,00	0,00	0,00	1,58	99,5
0,1	0,0	0,0	0,0	NE	45° 225°	+ ε	1,57	0,00	0,00	0,00	1,57		
0,2	0,0	0,0	0,0	SW		- ε	-0,07	0,00	0,00	0,00	-0,07		
0,8	0,0	0,0	0,0	5π / 16		Δ		1,64	0,00	0,00	0,00	1,64	99,5
0,1	0,0	0,0	0,0	ENE	67°30' 247°30'	+ ε	1,67	0,00	0,00	0,00	1,67		
0,3	0,0	0,0	0,0	WSW		- ε	0,12	0,00	0,00	0,00	0,12		
1,2	0,0	0,0	0,0	7π / 16		Δ		1,56	0,00	0,00	0,00	1,56	99,5
0,0	0,0	0,0	0,0	E	90° 270°	+ ε	1,77	0,00	0,00	0,00	1,77		
0,3	0,0	0,0	0,0	W		- ε	0,43	0,00	0,00	0,00	0,43		
1,5	0,0	0,0	0,0	9π / 16		Δ		1,34	0,00	0,00	0,00	1,34	99,2
0,0	0,0	0,0	0,0	ESE	112°30' 292°30'	+ ε	2,08	0,00	0,00	0,00	2,08		
0,1	0,0	0,0	0,0	WNW		- ε	0,59	0,00	0,00	0,00	0,59		
1,6	0,0	0,0	0,0	11π / 16		Δ		1,50	0,00	0,00	0,00	1,50	99,4
0,0	0,0	0,0	0,0	SE	135° 315°	+ ε	2,27	0,00	0,00	0,00	2,27		
0,1	0,0	0,0	0,0	NW		- ε	0,92	0,00	0,00	0,00	0,92		
1,7	0,0	0,0	0,0	13π / 16		Δ		1,36	0,00	0,00	0,00	1,36	99,3
0,0	0,0	0,0	0,0	SSE	157°30' 337°30'	+ ε	2,51	0,00	0,00	0,00	2,51		
0,1	0,0	0,0	0,0	NNW		- ε	1,29	0,00	0,00	0,00	1,29		
1,8	0,0	0,0	0,0	15π / 16		Δ		1,23	0,00	0,00	0,00	1,23	99,1
0,0	0,0	0,0	0,0	S	CÁLCULO DE LOS VALORES DE ε			CÁLCULO DEL PORCENTAJE A ABSORBER					
0,4	0,0	0,0	0,0	N									
2,2	0,0	0,0	0,0	π + π / 16	I	T=20 nudos 90% ε = T / I	ε	CALMAS	%	48,80			
0,0	0,0	0,0	0,0	SSW	21	0,952	72,24	INTENSIDAD	1-6 kt	%	21,40		
0,1	0,0	0,0	0,0	NNE	27	0,740	47,74	INTENSIDAD	7-10 kt	%	16,00		
2,3	0,0	0,0	0,0	π + 3π / 16	33	0,608	37,30	INTENSIDAD	11-16 kt	%	11,90		
0,2	0,0	0,0	0,0	SW	40	0,500	30,00	% VIENTOS < T		%	97,90		
0,1	0,0	0,0	0,0	NE			% MÍNIMO NECESARIO		%	95,00			
2,6	0,0	0,0	0,0	π + 5π / 16			% VIENTOS A ABSORBER < T		%	0,00			
0,3	0,0	0,0	0,0	WSW	AEROPUERTO DE: BARAJAS			PERÍODO:					
0,1	0,0	0,0	0,0	ENE									
3,0	0,0	0,0	0,0	π + 7π / 16	CUADRO I			HOJA					



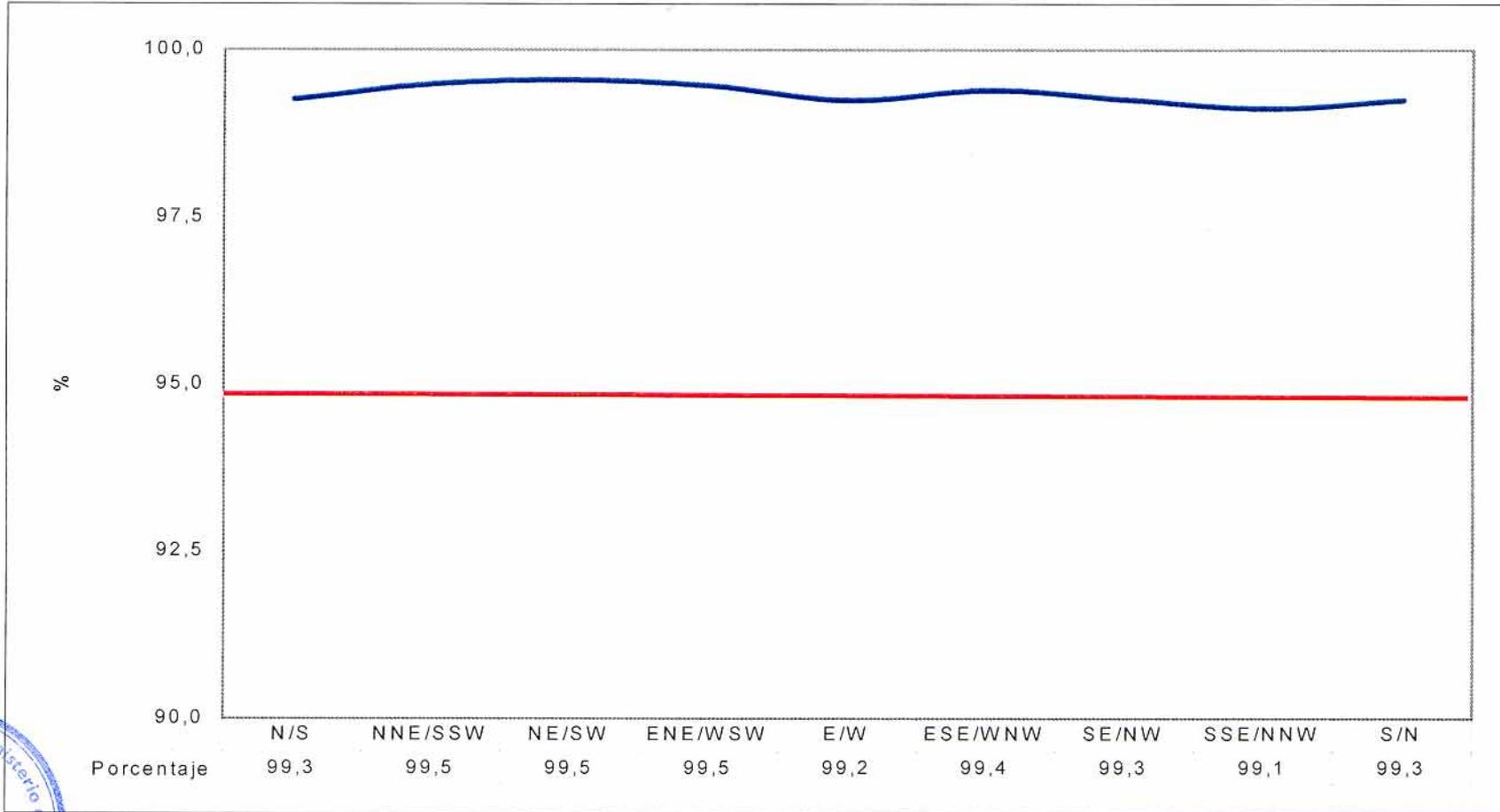
Ilustración 14. Distribución de frecuencias acumuladas



Fuente: Elaboración propia



Ilustración 15. Porcentaje de absorción de vientos por componente transversal (20 Kt)



Fuente: Elaboración propia

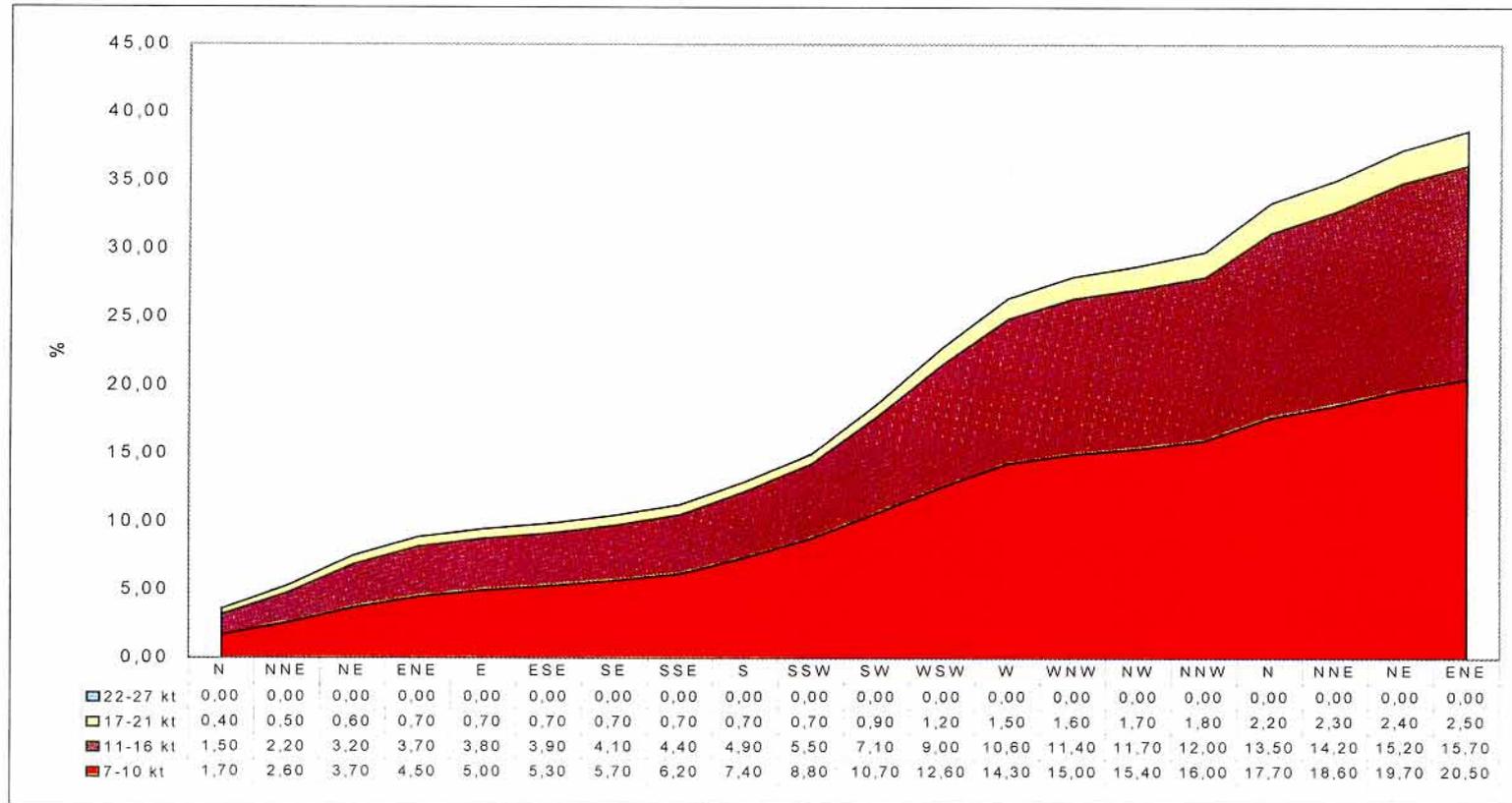


FRECUENCIAS ACUMULADAS					VALORES EN LOS EXTREMOS DEL INTERVALO					NO ABSORBIDO	
INTENSIDAD	7-10 kt	11-16 kt	17-21 kt	22-27 kt	INTENSIDAD	1'	2'	3'	4'		
N	1,70	1,50	0,40	0,00	0°	+ ε	19,55	15,46	2,48	0,00	
$\pi/16$	1,70	1,50	0,40	0,00	N	- ε	15,06	10,98	1,52	0,00	
NNE	0,90	0,70	0,10	0,00	Δ		4,49	4,47	0,96	0,00	9,92
$3\pi/16$	2,60	2,20	0,50	0,00	22°30'	+ ε	20,39	15,75	2,50	0,00	
NE	1,10	1,00	0,10	0,00	NNE	- ε	15,46	11,54	1,62	0,00	
$5\pi/16$	3,70	3,20	0,60	0,00	Δ		4,91	4,21	0,88	0,00	10,00
ENE	0,80	0,50	0,10	0,00	45°	+ ε	20,93	15,85	2,50	0,00	
$7\pi/16$	4,50	3,70	0,70	0,00	NE	- ε	16,24	10,44	1,72	0,00	
E	0,50	0,10	0,00	0,00	Δ		4,69	5,41	0,78	0,00	10,88
$9\pi/16$	5,00	3,80	0,70	0,00	67°30'	+ ε	5,26	4,00	0,70	0,00	
ESE	0,30	0,10	0,00	0,00	ENE	- ε	1,83	0,78	0,30	0,00	
$11\pi/16$	5,30	3,90	0,70	0,00	Δ		3,43	3,22	0,40	0,00	7,05
SE	0,40	0,20	0,00	0,00	90°	+ ε	5,64	4,28	0,70	0,00	
$13\pi/16$	5,70	4,10	0,70	0,00	E	- ε	2,75	1,84	0,42	0,00	
SSE	0,50	0,30	0,00	0,00	Δ		2,89	2,42	0,28	0,00	5,59
$15\pi/16$	6,20	4,40	0,70	0,00	112°30'	+ ε	6,13	4,66	0,70	0,00	
S	1,20	0,50	0,00	0,00	ESE	- ε	3,81	2,68	0,52	0,00	
$17\pi/16$	7,40	4,90	0,70	0,00	Δ		2,32	1,98	0,18	0,00	4,48
SSW	1,40	0,60	0,00	0,00	135°	+ ε	7,23	5,21	0,70	0,00	
$19\pi/16$	8,80	5,50	0,70	0,00	SE	- ε	4,57	3,44	0,62	0,00	
SW	1,90	1,60	0,20	0,00	Δ		2,66	1,77	0,08	0,00	4,51
$21\pi/16$	10,70	7,10	0,90	0,00	157°30'	+ ε	8,60	6,33	0,85	0,00	
WSW	1,90	1,90	0,30	0,00	SSE	- ε	5,04	3,75	0,70	0,00	
$23\pi/16$	12,60	9,00	1,20	0,00	Δ		3,56	2,58	0,15	0,00	6,29
W	1,70	1,60	0,30	0,00	180°	+ ε	10,43	8,09	1,13	0,00	
$25\pi/16$	14,30	10,60	1,50	0,00	S	- ε	5,36	3,85	0,70	0,00	
WNW	0,70	0,80	0,10	0,00	Δ		5,08	4,24	0,43	0,00	9,75
$27\pi/16$	15,00	11,40	1,60	0,00	202°30'	+ ε	12,33	9,83	1,43	0,00	
NW	0,40	0,30	0,10	0,00	SSW	- ε	5,77	4,00	0,70	0,00	
$29\pi/16$	15,40	11,70	1,70	0,00	Δ		6,56	5,83	0,73	0,00	13,12
NNW	0,60	0,30	0,10	0,00	225°	+ ε	14,06	11,02	1,58	0,00	
$31\pi/16$	16,00	12,00	1,80	0,00	SW	- ε	6,37	4,24	0,70	0,00	
N	1,70	1,50	0,40	0,00	Δ		7,69	6,77	0,88	0,00	15,34
$2\pi + \pi/16$	17,70	13,50	2,20	0,00	247°30'	+ ε	14,90	11,56	1,68	0,00	
NNE	0,90	0,70	0,10	0,00	WSW	- ε	7,60	4,64	0,70	0,00	
$2\pi + 3\pi/16$	18,60	14,20	2,30	0,00	Δ		7,30	6,92	0,98	0,00	15,20
NE	1,10	1,00	0,10	0,00	270°	+ ε	15,34	11,86	1,78	0,00	
$2\pi + 5\pi/16$	19,70	15,20	2,40	0,00	W	- ε	9,07	5,19	0,70	0,00	
ENE	0,80	0,50	0,10	0,00	Δ		6,27	6,67	1,08	0,00	14,02
$2\pi + 7\pi/16$	20,50	15,70	2,50	0,00	292°30'	+ ε	15,92	12,78	2,10	0,00	
CÁLCULO DE $\omega$		CÁLCULO DE			WNW	- ε	10,97	6,27	0,75	0,00	
					Δ		4,95	6,51	1,35	0,00	12,81
COMPONENTE L=6 kt			CALMAS	48,60	315°	+ ε	17,46	13,86	2,28	0,00	
I	$\cos \alpha = L/I$	$\omega$	1-3 kt	0,90	NW	- ε	12,84	8,01	0,97	0,00	
10,00	0,600	53,1	4-6 kt	20,50	Δ		4,62	5,85	1,31	0,00	11,78
16,00	0,375	68,0			337°30'	+ ε	18,47	14,72	2,38	0,00	
21,00	0,286	73,4			NNW	- ε	14,40	9,77	1,27	0,00	
27,00	0,222	77,2		70,00	Δ		4,07	4,95	1,11	0,00	10,13

ESTUDIO DE VIENTOS EN EL AEROPUERTO DE: BARAJAS CUADRO II



Ilustración 16. Distribución de frecuencias acumuladas



Fuente: Elaboración propia



Ilustración 18. Porcentajes de utilización de la pista por sentidos

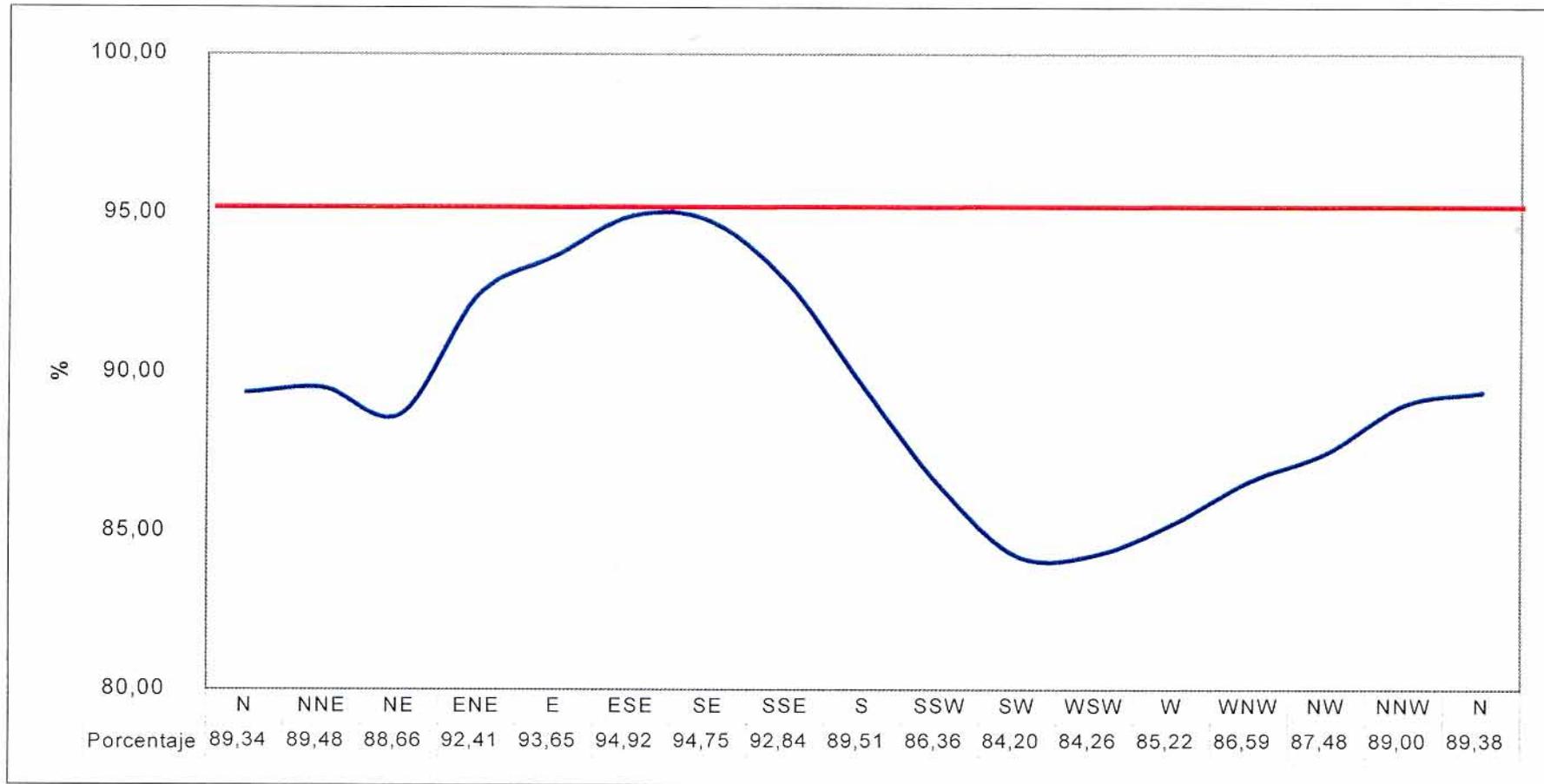
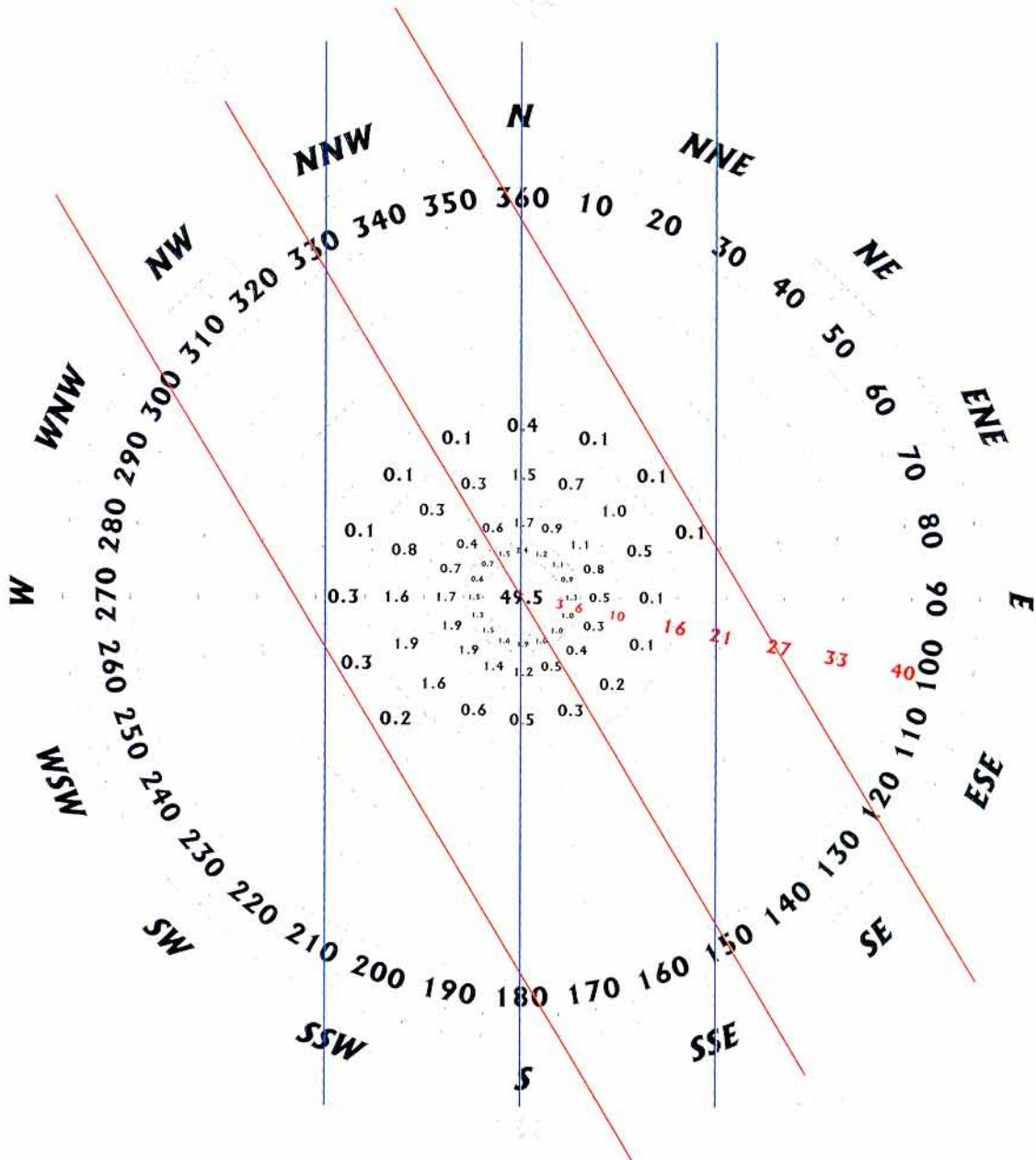


Ilustración 19. Rosa de vientos del aeropuerto de Madrid-Barajas



Fuente: Elaboración propia

