

El Atlas Eólico Europeo

Troen, Ib; Lundtang Petersen, Erik

Publication date:
1990

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Troen, I., & Lundtang Petersen, E. (1990). El Atlas Eólico Europeo. Roskilde: Risø National Laboratory.

DTU Library

Technical Information Center of Denmark

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

El Atlas Eólico Europeo

Meteorology and Wind Energy Department
Risø National Laboratory
P.O. Box 49
DK-4000 Roskilde
Denmark

Phone +45 42 37 12 12
Telex 43 116
Telefax +45 42 37 01 15

COMISION DE LAS COMUNIDADES
EUROPEAS

EL ATLAS EOLICO EUROPEO

Ib Troen y Erik Lundtang Petersen



Publicado por la Comisión de las Comunidades Europeas
Dirección General de Ciencia, Investigación y Desarrollo
Bruselas, Bélgica

por Risø National Laboratory, Roskilde, Dinamarca

El Atlas Eólico Europeo

Copyright © 1990 por Risø National Laboratory.

Reservados todos los derechos. Esta publicación no puede ser reproducida, reeditada o transmitida en cualquier otra forma o por cualquier motivo, sin el permiso expreso del Risø National Laboratory. El disquete que se incluye puede copiarse solamente por motivos auxiliares.

AVISO LEGAL

Ni la Comisión de las Comunidades Europeas ni Risø National Laboratory ni ninguna persona actuando en nombre de la Comisión o de Risø, es responsable del uso que se haga de la información que aquí se presenta.

Coordinación: Niels G. Mortensen

Traducción: Maria Casanova

Diseño de la cubierta: Torben Ebbesen

Dibujos artísticos: Søren Rasmussen

Diseño tipográfico: Mogens Arrildt

Editado y encuadernado por Jyllinge Bogtrykkeri

ISBN 87-550-1638-3

Editado en Dinamarca

Prólogo

El Atlas Eólico Europeo es el resultado de un esfuerzo común de Las Comunidades Europeas para promocionar el mercado de la producción de electricidad a partir de los recursos eólicos en Europa y para desarrollar las tecnologías y los sistemas asociados a ello.

El Atlas completa la información publicada previamente en varios atlas eólicos nacionales, y será sin duda una herramienta de trabajo esencial para todos los proyectos de aplicación de energía eólica en la Comunidad. Los datos en este nuevo Atlas Europeo se presentan mucho más condensados que los aparecidos en anteriores trabajos. Además, este Atlas es el primero que proporciona una visión general para todos los países de la EC, incluyendo las regiones de topografía complicada. Lo último representa una gran labor, ya que fue necesario desarrollar un programa de ordenador fiable especialmente para eso.

La realización de este Atlas es un ejemplo a destacar de la cooperación entre ciencia y tecnología en Europa, que está siendo actualmente estimulada por la Comisión de las Comunidades Europeas en Bruselas. La elaboración de este Atlas fue solicitada por la Comunidad Europea por primera vez en 1981. Una red de personal competente en meteorología y otras instituciones, fueron convocados para este trabajo. La Comisión encargó la coordinación de este trabajo al Risø National Laboratory en Dinamarca debido a su experiencia previa en la elaboración del atlas eólico en Dinamarca. La Comisión suministró asimismo los principales fondos. Gracias a muchos años de intenso trabajo de varias personalidades entendidas en el tema en Europa y de varios institutos en este mismo campo, ha sido posible llevar este proyecto a buen fin.

Confío en que todos los interesados en el futuro desarrollo de la energía eólica en Europa, apreciarán este enorme trabajo y se beneficiarán de la información que éste proporciona para sus actividades futuras.

Dr. W. Palz
Jefe del Departamento del
Desarrollo de las Energías Renovables
Comisión de las Comunidades Europeas
Bruselas, Bélgica

Extracto

Las regiones potencialmente explotables para las aplicaciones de la energía eólica, están dispersas a lo largo de todos los países de la Comunidad Europea. Las áreas con mayor potencial eólico incluyen: Gran Bretaña e Irlanda, el noroeste continental de la EC: Dinamarca, el norte de Alemania, Los Países Bajos, Bélgica y el noroeste de Francia. Otras áreas son el noroeste de España y la mayoría de las islas Griegas. Existen además, sobretudo en los países del área Mediterránea, regiones en las que el potencial eólico se ve incrementado por la existencia de sistemas eólicos asociados a cadenas montañosas. Algunos de estos sistemas eólicos se extienden a lo largo de amplias zonas: el Mistral entre los Alpes y el Macizo Central en el sur de Francia, La Tramuntana en el norte de los Pirineos en Francia y en el sur de los Pirineos en el Valle del Ebro. En otros casos, un sistema eólico de este tipo puede que tenga una extensión geográfica menor, pero entonces representa un gran potencial eólico local. Son especialmente interesantes en montañas, valles y pasos, sitios en donde se dan efectos naturales de concentración del viento.

La información recopilada y presentada en el Atlas Eólico identifica y documenta claramente la existencia de grandes regiones que garantizan una exitosa explotación de los recursos eólicos. Además, los métodos desarrollados en el Atlas para calcular la influencia que la topografía ejerce sobre la velocidad del viento, han demostrado el fuerte realce de los recursos eólicos en terreno complejo. Los métodos para el cálculo de los efectos de la topografía, han estado a la disposición del público previamente a la publicación del Atlas Eólico en forma de un programa para ordenador personal. Este programa, junto con el Atlas Eólico, representa una base para el cálculo de los recursos eólicos – así como del emplazamiento de aerogeneradores – en las Comunidades Europeas.

El Atlas Eólico proporciona una imagen fiable de la distribución general de los recursos eólicos en Europa. En regiones como Los Países Bajos, el norte de Alemania y Dinamarca, las condiciones topográficas relativamente sencillas, permiten al usuario realizar cálculos fiables de emplazamientos de aerogeneradores, a partir del uso directo del Atlas. En casos de topografía más complicada, también abarcada en el Atlas Eólico, como puede ser el de la parte central de Francia, es necesario tener experiencia en el uso del Atlas en terreno complejo y tener también conocimientos acerca de las condiciones locales, para poder hacer estimaciones reales del potencial eólico. Si se trata de zonas con topografía compleja en las que, además, la información eólica es muy dispersa, como es el caso de la mayor parte de la Grecia interior, el Atlas sólo puede ayudar a reconocer zonas ricas en recursos eólicos, pero eso es todo.

El Atlas Eólico Europeo es el primer intento de proporcionar unas líneas de trabajo y una estadística para el cálculo de los recursos de energía eólica en los países de la Comunidad Europea. Representa la base del esfuerzo a continuar por la Comisión, de dar a los países ricos en potencial eólico de la Comunidad Europea, la información y los métodos de cálculo necesarios para evaluar los recursos de energía eólica en Europa.

Contenido del Atlas Eólico

El Atlas se divide en tres partes, dirigida cada una de ellas a lectores con intereses distintos, que variarían según si se trata de aficionados o profesionales de la meteorología.

Parte I: Los recursos eólicos da una visión general sobre el clima eólico y sobre la magnitud y distribución de los recursos eólicos en los países de la Comunidad Europea. Esta parte puede ser de interés para políticos, proyectistas y aficionados en general. Las descripciones, tablas y mapas permiten una rápida identificación de las regiones ricas en recursos eólicos.

Parte II: Determinación de los recursos eólicos proporciona la información necesaria para estimar el valor de los recursos eólicos en una región y para decidir el mejor emplazamiento para un aerogenerador. Contiene el resumen estadístico para las 220 estaciones meteorológicas y las estadísticas del clima regional que se derivan de estos datos. Incluye también métodos para calcular el efecto que distintos rasgos del paisaje, sean líneas de costa, bosques, colinas o edificios, provocan en los recursos eólicos. Estos métodos van apoyados por ejemplos que utilizan además las estadísticas del clima regional. Para una total comprensión de esta parte, son necesarios ciertos conocimientos matemáticos y estadísticos. En el caso de aplicaciones concretas como el emplazamiento de un aerogenerador en un lugar determinado, lo más corriente es encontrarse con condiciones lo suficientemente complejas como para que el cálculo de los recursos eólicos de que se dispone en este lugar sólo pueda hacerse con la ayuda de un ordenador. Para facilitar este cálculo en ordenadores, toda la estadística necesaria se ha incluido en el disquete de la parte posterior del Atlas. A lo largo de esta Parte II se dan ejemplos de las dos situaciones posibles: casos sencillos que se pueden resolver recurriendo directamente a los métodos y a las tablas del libro y casos más complicados en los que se precisa de un cálculo con ordenador. Estos ejemplos se han realizado con un programa especialmente creado para el Atlas Eólico. Detalles de este *Programa de aplicación y análisis del Atlas Eólico (WASP)* se encuentran en la Parte III.

Parte III: Los Modelos y el Análisis es la parte documental del Atlas, y requiere que el lector posea ciertos conocimientos meteorológicos y estadísticos. Describe como se han analizado los datos y la información acumulada por cada país participante, para obtener una estadística del clima en cada región. En el Capítulo 8 se discute la base física y estadística para el modelo del Atlas Eólico. Esta, incluye la ley de la resistencia aerodinámica geostrofica y la teoría de semejanzas en la capa superficial, una teoría para las modificaciones en el flujo eólico debidas a cambios en las características de la superficie, un modelo para influencia lejana de obstáculos que resguardan del viento, y, finalmente, un modelo de flujo eólico para terreno montañoso. También se describe la función de Weibull y los demás cálculos utilizados. En el Capítulo 9 se demuestra la validez de los modelos y del análisis a base de comparaciones entre datos medidos y datos calculados con el modelo estadístico.

Contenido

Prólogo	5
Extracto	6
Contenido del Atlas Eólico	7
Prólogo y agradecimientos	12
1 Introducción al Atlas Eólico	15
I LOS RECURSOS EOLICOS	27
2 Los recursos eólicos en Europa	29
2.1 El clima eólico en Europa	30
2.2 Mapas de recursos de energía eólica	33
2.3 Leyenda en los mapas de los recursos eólicos	36
II DETERMINACION DE LOS RECURSOS EOLICOS	39
3 Conceptos generales	41
3.1 La rugosidad de un terreno	42
El parámetro de aspereza	42
3.2 Resguardo producido por obstáculos	45
3.3 El efecto de las variaciones de la altura en el terreno	47
4 Recursos regionales de energía eólica	53
4.1 Uso de los mapas de recursos de energía eólica	53
Zonas costeras	56
Zonas montañosas	58
5 Estudio del emplazamiento de un aerogenerador	61
5.1 Selección de la climatología eólica para un emplazamiento	61
5.2 Clasificación de la rugosidad y cálculo de las estadísticas para un emplazamiento	63
Cálculo de la densidad media de energía	64
Cálculo de los parámetros de Weibull	65
5.3 Cálculo del resguardo	73
5.4 Orografía	74

6	Producción de potencia	81
6.1	Determinación de la producción de potencia media	81
6.2	Función de densidad de potencia	86
6.3	Curva de duración de potencia	86
6.4	Optimización de la producción de potencia	87
7	Estadísticas y climatologías de las estaciones	95
7.1	Descripción de la estación y tablas estadísticas	96
	Descripción de la estación	96
	Resumen de los datos básicos	96
	Climatología regional y valores medios	97
7.2	Las huellas climatológicas del viento	97
7.3	Estadísticas y climatologías de las estaciones	99
	España	106
	Estadísticas de radiosondas	165
III	LOS MODELOS Y EL ANALISIS	167
8	El modelo del Atlas Eólico	169
8.1	La base física	169
	Leyes de semejanza en la capa superficial	170
	La ley de resistencia aerodinámica geostrófica y el viento geostrófico	171
8.2	El modelo para estratificación estable	171
8.3	El modelo de cambio de rugosidad	175
8.4	El modelo de resguardo	177
8.5	El modelo orográfico	179
8.6	La base estadística	183
	Conceptos básicos	183
	La distribución de Weibull	186
8.7	El modelo de análisis del Atlas Eólico	189
8.8	El modelo de aplicación del Atlas Eólico	191
8.9	Descripción meteorológica de datos y estaciones	193
	Estadísticas del radio-sonda	196
8.10	Limitaciones de los datos y los modelos	197
9	Verificación de la metodología del Atlas Eólico	199
9.1	Intercomparaciones entre estaciones	199
9.2	Convalidación de los mástiles meteorológicos de altura	219
10	Referencias	223
10.1	Publicaciones citadas en el Atlas	223
10.2	Estudios del clima eólico en Europa	226
	Referencias sobre climatología eólica por temas y por país	227
	Listado de publicaciones por países	229

Apéndices	236
A Lista de símbolos	237
B Tablas auxiliares	241
C Criterios de selección y cuestionario	253
D Los disquetes de datos	259

Prólogo y agradecimientos

El Atlas Eólico Europeo es el resultado del estudio de las condiciones del clima eólico en los países de la Comunidad Europea.

La investigación ha sido dirigida, desde 1981 hasta la fecha de la publicación, por los países de la comunidad bajo la tutela de la Comisión de las Comunidades Europeas. El Atlas Eólico forma parte del programa de investigación y desarrollo de la energía eólica, dirigido por W. Palz de la Comisión.

El Atlas es un intento de presentar los datos del clima eólico de los países de la EC, de una forma concisa y coherente, y proporcionar un método para su uso en la valoración de recursos eólicos. La Comisión prevee el hecho de que el Atlas pueda ampliarse con más datos y a más países.

Risø National Laboratory, Dinamarca, ha sido el responsable de la coordinación global del proyecto y del trabajo teórico, la modelación numérica, el análisis de los datos y la redacción. La principal responsabilidad de los países participantes ha sido la de proporcionar los datos meteorológicos y las descripciones de las estaciones meteorológicas, además de revisar y criticar el trabajo realizado y los resultados obtenidos.

En el momento de la publicación, el grupo de trabajo estaba formado por los siguientes miembros:

Ludo van der Auwera
Koninklijk Meteorologisch Instituut
Brussels
Bélgica

Liam Burke
Meteorological Service
Dublin
Irlanda

Philippe Duchêne-Marullaz
Centre Scientifique et Technique
du Bâtiment
Nantes, Francia

Demetrios Lalas
Lamda Technical, Ltd.
Athens
Grecia

Alfredo Lavagnini
Istituto di Fisica dell'Atmosfera
Rome
Italia

Casimiro Mendes
Instituto Nacional de Meteorologia
e Geofísica
Lisboa, Portugal

Bill Moores
Meteorological Office
Bracknell
Inglaterra

Pablo Moreno
PMSA Compañía Española
de Investigación en Energía
Madrid, España

Erik Lundtang Petersen
Risø National Laboratory
Roskilde, Dinamarca

Ib Troen
Risø National Laboratory
Roskilde, Dinamarca

Monika Ulbricht-Eissing
 Deutscher Wetterdienst, Seewetteramt
 Hamburg
 Alemania (FRG)

Jon Wieringa
 Koninklijk Nederlands
 Meteorologisch Instituut
 De Bilt, Países Bajos

El estudio ha contado también con la colaboración de las siguientes personas que han participado de forma activa en el grupo de trabajo en algún momento determinado, o que han cooperado en una o más de las reuniones de trabajo:

Alemania (FRG):	H. Schmidt y W. Thommes
Bélgica:	L. Malet
Dinamarca:	N.O. Jensen, S.E. Larsen y N.G. Mortensen
Francia:	C. Sacré
Italia:	G.A. Dalu y A.M. Sempreviva
Países Bajos:	A.P. van Ulden
Reino Unido:	B. Shearman y R.J. Adams

Parte de las estadísticas que se muestran para Italia se han tomado con el permiso del Ente Nazionale per l'Energia Electrica. Agradecemos la cooperación de G. Botta de esta institución. A. Restivo, de la Universidad de Porto, proporcionó datos del mástil Ferrel en Portugal; B. Tammelin, del Instituto Meteorológico Finlandés, proporcionó datos del mástil Kivenlahti en Finlandia; G. Tunell, de la Junta de la Energía del Estado Sueco, y R. Krieg, del Instituto Meteorológico e Hidrológico Sueco, proporcionaron datos del mástil Näsudden en Suecia; K. Hedegård, del Instituto Meteorológico Danés, proporcionó información de las estaciones danesas; J.A. Børresen, del Instituto Meteorológico Noruego, proporcionó los datos y la información del viento geostrofico en el Mar del Norte, y R. Smith, de la Universidad de Yale, USA, fue consultado al principio del proyecto sobre el tema del efecto de las montañas en el viento. Los mapas base y la información sobre el relieve en Europa han sido reproducidos con el permiso del Esselte Map Service, en Suecia. Agradecemos sinceramente todas estas colaboraciones.

Muchos de nuestros compañeros en el Departamento de Meteorología y Energía Eólica de Risø National Laboratory han colaborado con críticas constructivas y sugerencias. Queremos dar las gracias de forma especial a Niels Otto Jensen y a Niels Gylling Mortensen. Dos de los modelos fundamentales usados en el cálculo del Atlas Eólico (el del cambio de la rugosidad del terreno y el del flujo a través de colinas), no se habrían podido realizar sin la activa colaboración de Niels Otto Jensen.

Los cálculos finales y la presentación de los resultados, así como el escrito y la edición del Atlas, se han beneficiado notoriamente de la dedicación y habilidad de Niels Gylling Mortensen.

En la última fase de la escritura del manuscrito, hay que señalar la ayuda lingüística y de edición de L. Crossby.

Un especial agradecimiento a los muchos compañeros de distintos departamentos en Risø que han sido extraordinariamente útiles en muchas tareas prácticas, como trabajo fotográfico, asistencia informática, dibujo de mapas, escritos, fotocopias y tantas muchas otras cosas.

Y con gran placer queremos remarcar la excelente cooperación de W. Palz de la Comisión, cuyo soporte continuado tanto en el trabajo científico y en los temas administrativos como en su constante interés, ha sido inestimable.

También queremos hacer constar nuestra apreciación de la buena cooperación que hemos tenido de W. Schnell, E. Van der Voort y G. Caratti de la Comisión y B. Rasmussen, consultante de la Comisión. Fue con profundo pesar que en Noviembre de 1985 recibimos la triste noticia de la prematura muerte de Werner Schnell. Su interés entusiástico en el proyecto del Atlas Eólico fue una gran ayuda y nos faltó.

Es nuestro deseo que esta publicación, que contiene estadísticas del clima eólico para todas las regiones de la CE basadas en datos minuciosamente seleccionados y analizados y en modelos desarrollados en base a las mejores teorías del momento, sea provechosa en cuanto a que proporciona una importante base, aunque inevitablemente incompleta, para el cálculo de los recursos eólicos en la CE. De hecho, la idea de abordar una publicación de este tipo nació en el sí de la Comisión y el grupo de trabajo del Atlas Eólico durante los siete años del estudio. Estamos en deuda con la Comisión por haberse mantenido en el proyecto a lo largo de tantos años y por haber proporcionado los fondos necesarios.

Por último agradecemos la excelente e inspirada colaboración con los compañeros y amigos del grupo de trabajo.

Varios modelos usados en el análisis fueron desarrollados expresamente para este estudio. El método basado en la ley de la resistencia aerodinámica geostrófica y en la ley de semejanza en la capa superficial, no había sido nunca aplicado anteriormente a regiones tan grandes y tan inhomogéneas topográficamente. Algunas veces, en momentos en que el estudio ha profundizado en temas hasta ahora desconocidos, ha aparecido la duda de que el proyecto pudiese alguna vez dar resultados aceptables y de que tantas complicaciones convirtieran el trabajo en imposible, obligándonos a volver a los métodos tradicionales del análisis de datos. Después de estos períodos difíciles, el grupo de trabajo ha estado siempre abierto a las sugerencias y consejos, y por eso este trabajo es más creíble.

La experiencia que con este estudio hemos adquirido, indica que la estadística climatológica funciona satisfactoriamente para la mayoría de los casos, y a menudo, mejor de lo previsto. Creemos realmente que el Atlas Eólico representa una fuente de información útil. Ha sido un verdadero placer, un privilegio y una posibilidad de aprender el haber participado en su producción.

Capítulo 1

Introducción al Atlas Eólico

El propósito del Atlas Eólico Europeo es el de establecer una base meteorológica para la valoración de los recursos eólicos. El principal objetivo es el de proveer de los datos necesarios para evaluar el potencial de energía eólica que podría ser transformado a electricidad por la instalación de aerogeneradores. Además, el Atlas Eólico proporciona también los datos y las nociones meteorológicas básicas necesarias para decidir sobre el emplazamiento de un aerogenerador.

Una característica importante en la energía eólica, es que la potencia que proporciona un aerogenerador es proporcional a la tercera potencia de la velocidad del viento. De aquí que, las exigencias de precisión en las estadísticas de la velocidad del viento para la predicción de energía, sean más importantes que en otras aplicaciones.

Otra característica notable del viento es la de las variaciones estacionales y de un año a otro de las condiciones eólicas. Un estudio acurado de la climatología eólica debe tener en cuenta estas variaciones, y es por eso que hay que usar varios años de datos.

Resumiendo, el poder aplicar medidas de datos de viento al cálculo de energía eólica, exige largas series temporales y de gran calidad. Para el estudio del Atlas Eólico se ha podido disponer de datos de gran calidad, provenientes de medidas realizadas en aeropuertos, estaciones climatológicas y sinópticas y buques-faro por toda Europa.

Los valores de la velocidad del viento en una estación meteorológica, dependen esencialmente de dos factores: los sistemas generales del tiempo, que se extienden generalmente unos cuantos cientos de kilómetros, y la topografía en los diez kilómetros cercanos a la estación. Estrictamente hablando, el uso directo de los datos de velocidad del viento medidos para los cálculos de recursos eólicos, es válido solamente para el lugar exacto de la medida. Es pues indispensable, disponer de algún sistema de conversión de estos datos antes de poder utilizarlos para el cálculo del potencial eólico de una región. En el estudio del Atlas Eólico, se ha hecho un gran esfuerzo para el desarrollo de estos métodos, resultando un conjunto de mode-

los para la extrapolación horizontal y vertical. Los modelos se basan en los principios físicos del movimiento de un fluido en la capa fronteriza de la atmósfera y tienen en consideración distintos fenómenos posibles, como son el cambio de las condiciones en la superficie, los efectos de resguardo debido a los edificios y otros obstáculos y las modificaciones que resultan en el flujo eólico al variar la topografía de la superficie. En la Figura 1.1 puede verse la estructura del funcionamiento de los modelos: desde los datos a la climatología eólica de la región. La figura muestra también como funciona la parte de aplicación del Atlas Eólico que, usando la climatología eólica regional como datos de entrada en el programa, calcula la climatología eólica en un lugar determinado. Los modelos se describen en detalle en el Capítulo 8.

Para realizar el cálculo de las climatologías eólicas regionales, se escogieron más de doscientas estaciones meteorológicas distribuidas en los países de la Comunidad Europea. Los resultados de 208 de estas estaciones se presentan en el Capítulo 7: *Estadísticas y climatologías de las estaciones*. Las estaciones se señalan en los mapas de los recursos eólicos en el Capítulo 2, y se listan en la Tabla 7.1. De cada estación se consiguió una serie de medidas meteorológicas a lo largo de diez años, con intervalos de medida trihorarios. Además, se dispone también de una descripción precisa de cada una de las estaciones y sus entornos, que incluye:

- tipo de terreno, es decir áreas acuosas, campo abierto, bosques, etc.
- obstáculos resguardantes cercanos, tales como edificios y setos.
- variaciones de la altura del terreno (orografía)

La clasificación del terreno comprende cuatro clases distintas de rugosidad, cada una de ellas correspondiente a un tipo distinto de terreno. Las clases de rugosidad se describen y se ilustran en las Figs. 1.2–1.5, y se dan también las relaciones entre clase de rugosidad y el parámetro de aspereza, que es de hecho la escala longitudinal más utilizada para caracterizar una superficie.

En el Capítulo 7, se da una descripción de cada una de las estaciones juntamente con la clase de rugosidad que le corresponde. Se dan también los resultados del análisis de los datos, medidos en forma de frecuencia de aparición de las velocidades del viento en doce sectores de dirección y en medias horarias y mensuales.

Para el cálculo de las climatologías, se han usado los modelos y las descripciones detalladas de los alrededores de cada una de las estaciones, para transformar los datos de velocidad y dirección del viento medidos a los datos correspondientes a que estas mismas estaciones tuvieran un entorno tal como:

- terreno llano y homogéneo
- ningún obstáculo en los alrededores
- y medidas tomadas en las alturas de 10, 25, 50, 100, y 200 m.

Por ejemplo, una de las series de datos transformados representa velocidades y direcciones del viento a 50 metros por encima del mar.

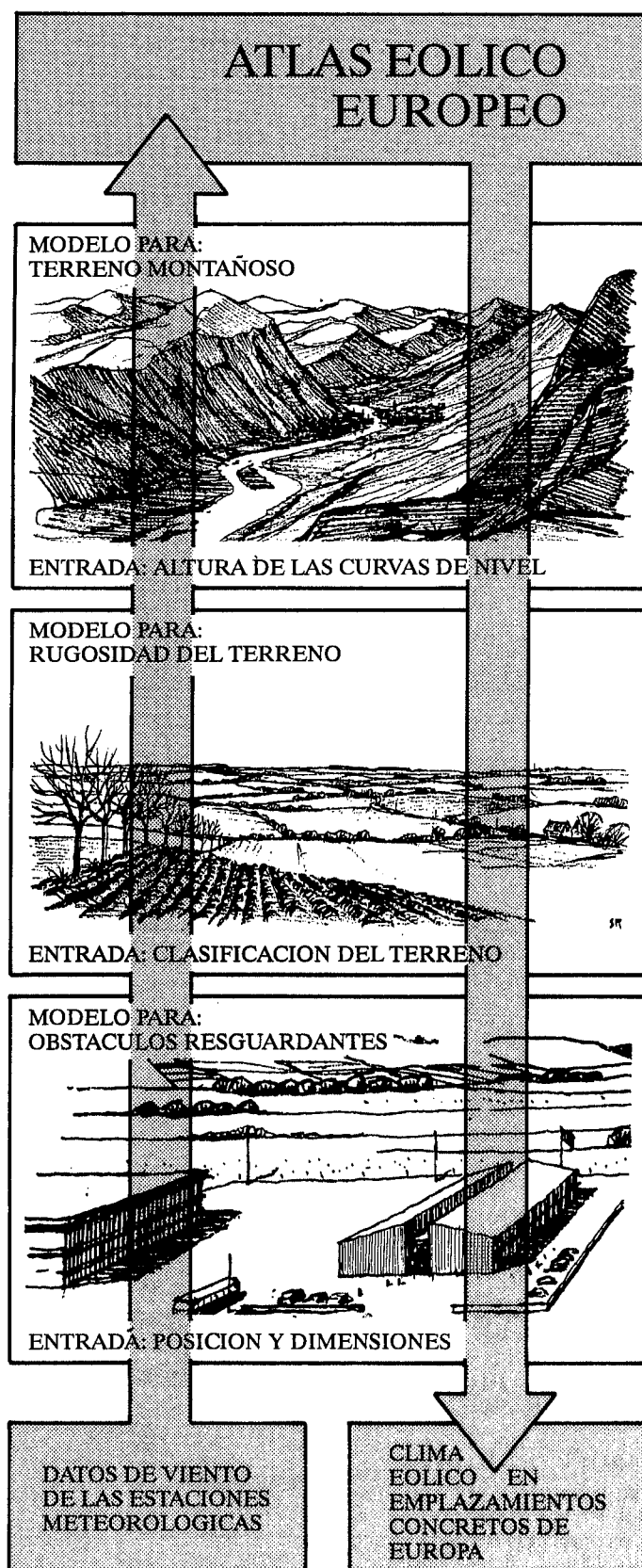


Figura 1.1. El método del Atlas Eólico. Se usan modelos meteorológicos para calcular la climatología eólica regional a partir del resumen básico de datos. En el proceso inverso – la aplicación del Atlas Eólico – el clima eólico en cualquier lugar determinado puede ser calculado a partir de la climatología regional.

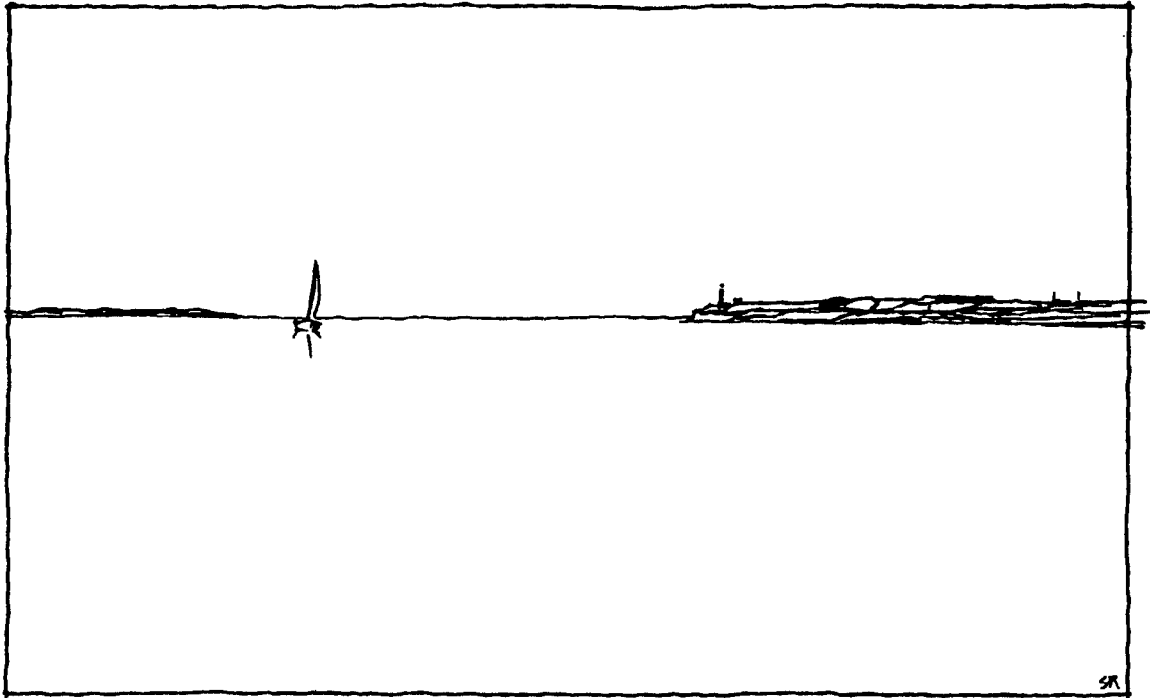


Figura 1.2. Ejemplo de terreno correspondiente a una rugosidad de clase 0: áreas acuáticas ($z_0 = 0.0002 \text{ m}$). Esta clase la forman el mar, los fiordos y los lagos.

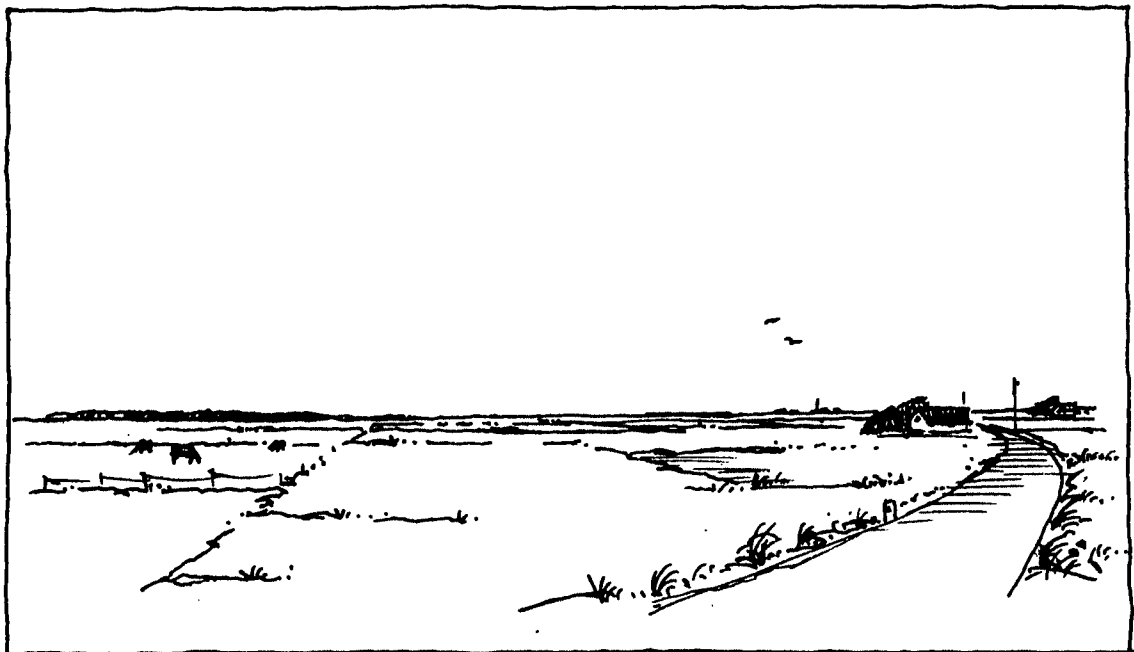


Figura 1.3. Ejemplo de terreno correspondiente a una rugosidad de clase 1: áreas abiertas con pocos setos ($z_0 = 0.03 \text{ m}$). El terreno es muy abierto y llano o suavemente ondulado. Se incluyen los casos de granjas, árboles y arbustos aislados.



Figura 1.4. Ejemplo de terreno correspondiente a una rugosidad de clase 2: tierra de cultivo con setos, la separación media entre los cuales sobrepasa los 1000 m, y algunas áreas con edificaciones dispersas ($z_0 = 0.10$ m). El terreno se caracteriza por grandes zonas despejadas entre setos, dando al paisaje una sensación de apertura. El terreno puede ser llano u ondulado. Hay varios árboles y edificios.

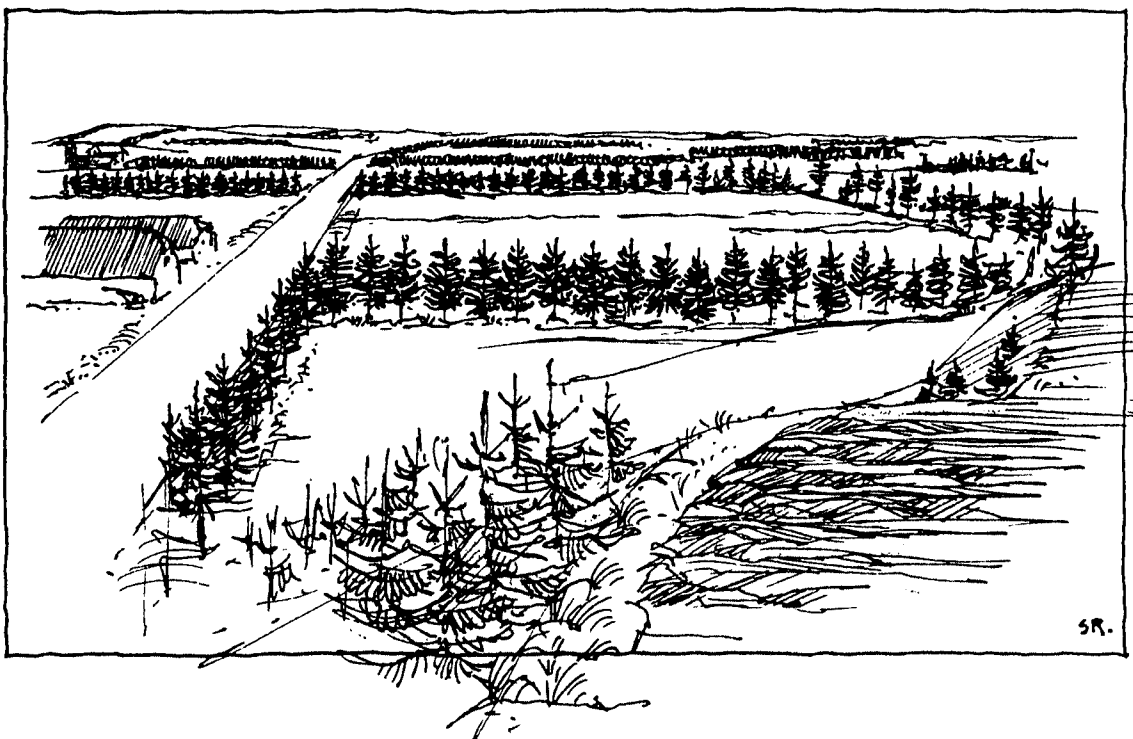


Figura 1.5. Ejemplo de terreno correspondiente a una rugosidad de clase 3: distritos urbanos, bosques y campos de cultivo con muchos setos ($z_0 = 0.40$ m). Los campos de cultivo se caracterizan por áreas reducidas separadas por setos, siendo la distancia media entre un seto y otro de tan sólo unos pocos centenares de metros. Los bosques y las áreas urbanas también pertenecen a esta clase.

Con cuatro clases distintas de rugosidad y cinco alturas de referencia, de cada una de las series de datos resultan ahora 20 series de datos. Estas 20 series de datos para cada una de las 208 estaciones es lo que forma la base de la climatología eólica regional, porque a través del proceso de transformación, las series de datos han sido – *dentro de lo posible* – liberadas de la influencia de la topografía local para ser *regionalmente representativas*.

Como de representativa es una serie temporal de datos en una región, depende de la complejidad de la topografía y de los obstáculos que rodean la estación meteorológica. La representatividad de una estación se reduce extraordinariamente al aumentar la complejidad de la orografía circundante. Con el fin de diferenciar las estaciones y de juzgar sus representatividades, el paisaje europeo se ha clasificado en cinco tipos distintos basados en como influencia la orografía en el flujo atmosférico. Los paisajes se ilustran y se definen en las Fig. 1.6–1.10.

Las estadísticas que provienen de estaciones con un paisaje de los tipos 1 y 2, se considera que pueden aplicarse a una región de, aproximadamente, 200×200 km. Las estadísticas procedentes de estaciones con paisajes de los tipos 3 y 4 pueden utilizarse para regiones de igual tamaño o más pequeñas, según las condiciones específicas. Frecuentemente, estas situaciones se dan en amplios valles o en laderas montañosas cuyas pendientes incrementan gradualmente hasta grandes macizos. Las estadísticas provenientes de estaciones en un paisaje del tipo 5 serán representativas sólo en una zona muy cercana a la estación.

Hay que hacer notar aquí que las climatologías regionales, es decir las 20 series de datos obtenidas en cada estación, se basan en datos medidos al nivel inferior, generalmente a 10 metros de altura. No es sólo la transformación y el uso de estos datos para extrapolación horizontal la que arrastra incertidumbres, sino que la extrapolación vertical hasta alturas de 200 metros tiene también errores asociados. Las teorías físicas que se han usado para construir los procesos de transformación vertical han sido verificadas hasta alturas de unos 100 metros, a base de comparaciones con series de datos en torres meteorológicas. Por encima de los 100 metros, pocas series de datos se tienen con los que comparar y, aunque las comparaciones presentadas en el Capítulo 9 muestran un buen acorde entre los datos medidos y los modelados, también es cierto que las estadísticas que se han calculado para alturas de más de 100 metros están asociadas con incertidumbres superiores a las que se asocian con las calculadas para alturas inferiores.

La estadística más importante que se calcula a partir de una serie de datos de velocidad del viento para la estimación del potencial eólico es la *función de distribución de la probabilidad*. Y es importante porque, cuando esta función está bien definida para un determinado lugar, el cálculo de la media anual de producción de cualquier aerogenerador instalado en este lugar, consiste solamente en integrar el producto de esta función y la curva de potencia de este aerogenerador.

Una hipótesis de base en el Atlas Eólico es que los datos de velocidad del viento están distribuidos según la *distribución de Weibull*, la cual se muestra en la Fig. 1.11 y se explica más adelante en el Capítulo 8.



Figura 1.6. Paisaje europeo del tipo 1: Llanos, áreas acuáticas y regiones de tierras bajas alejadas de montañas. El viento en superficie sólo se puede modificar por cambios de rugosidad en la superficie y por resguardo de obstáculos.

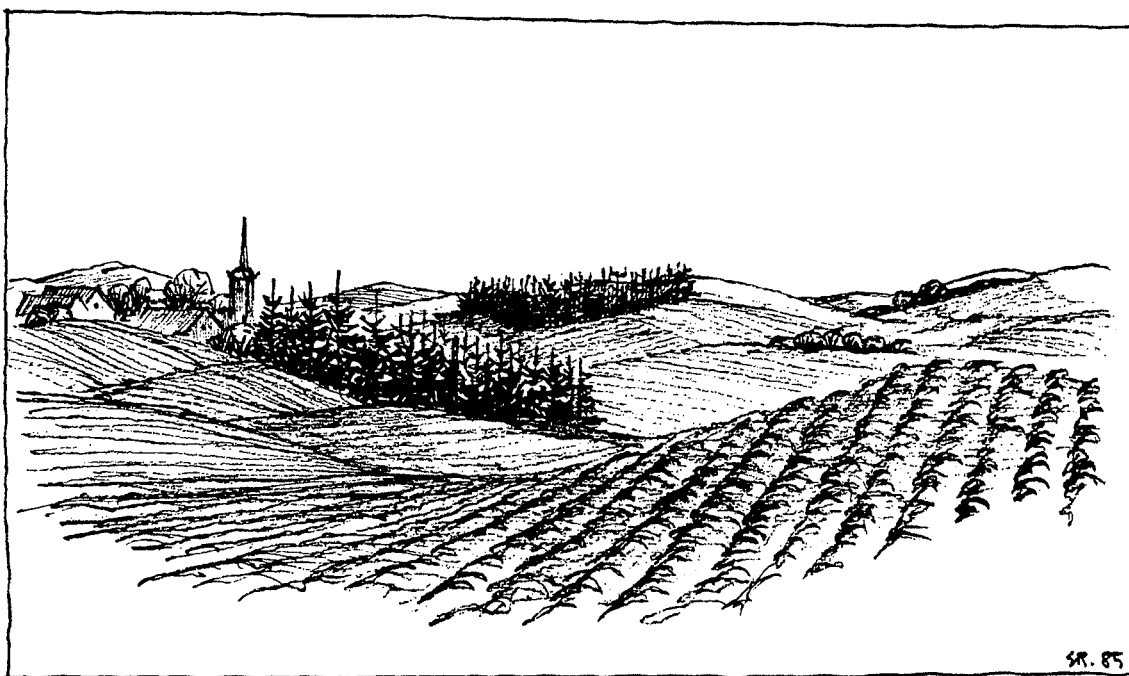


Figura 1.7. Paisaje europeo del tipo 2: Regiones suavemente onduladas y con algunas colinas lejos de montañas. Las dimensiones horizontales típicas de las colinas son de unos pocos kilómetros. El viento en superficie puede modificarse por el cambio de rugosidad en superficie, resguardo de objetos y – lo más importante – por la aceleración inducida por las colinas.

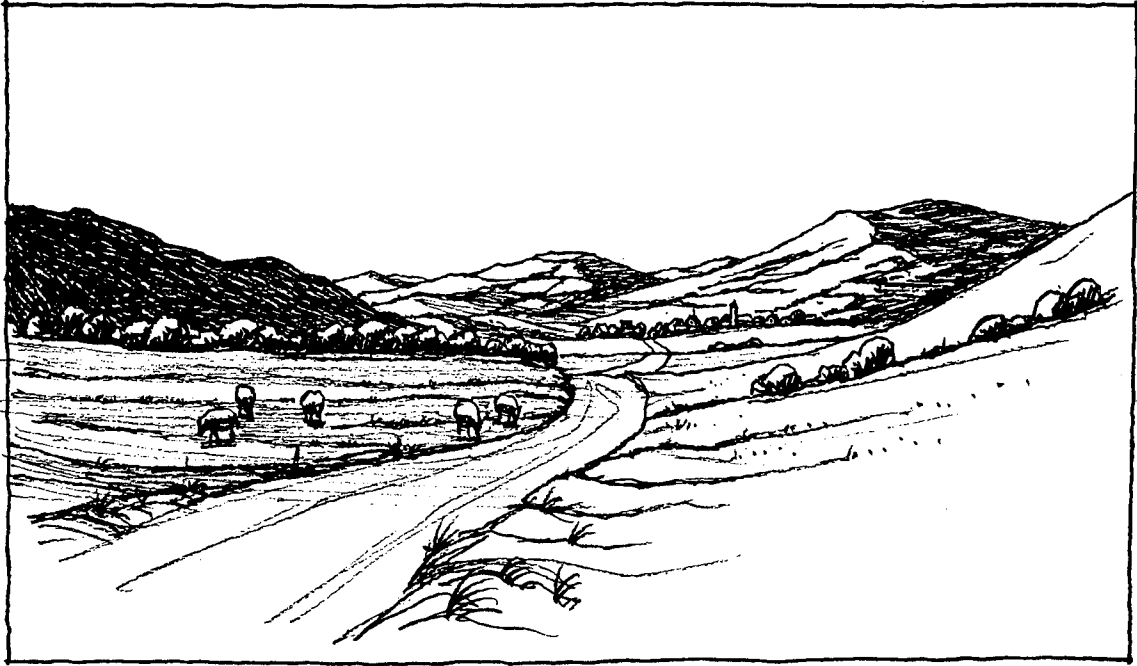


Figura 1.8. Paisaje europeo del tipo 3: Regiones fuertemente onduladas y en tierras altas ('Mittelgebirgs-relief'). Las dimensiones horizontales típicas de las colinas son de unos cuantos kilómetros. El viento en superficie se modifica con la topografía como en el paisaje del tipo 2. Además, el hecho de que los accidentes orográficos tengan una dimensión tal, puede afectar fuertemente a toda la capa fronteriza.



Figura 1.9. Paisaje europeo del tipo 4: Laderas montañosas. En estas regiones de pendientes abiertas se forman corrientes diferenciadas y persistentes, como es el caso del Föhn, el Bise, el Bora, el Mistral y la Tramuntana. Estas corrientes están provocadas por procesos tales como canalización, desviación, descenso por la vertiente a sotavento e intensificación hidráulica.

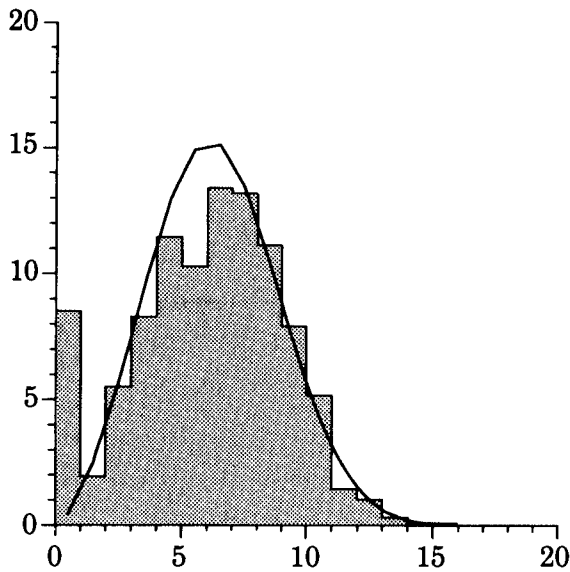


Figura 1.10. Paisaje europeo del tipo 5: Grandes macizos montañosos cortados por profundos valles. El viento en las cimas puede ser representativo de los valores en la atmósfera libre dependiendo de la condiciones específicas de la región. En los valles, los vientos inducidos por las térmicas del sistema montaña y valle, dominan el clima eólico. Excepto en el caso del föhn en la ladera a sotavento, los vientos en los valles se separan de los vientos de la atmósfera libre.

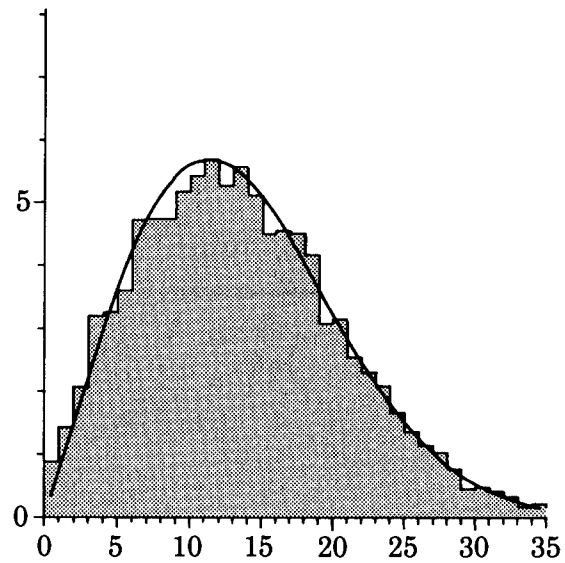
Como se ve en la Fig. 1.11, la distribución de Weibull, generalmente, se ajusta bastante bien a las velocidades del viento observadas y esto parece cumplirse en la mayoría de las 208 estaciones estudiadas. Como que en el Capítulo 7 se dan tanto los histogramas de los datos como los parámetros de las distribuciones ajustadas de Weibull, la concordancia de este ajuste en cada estación puede ser juzgada por el mismo lector. Los parámetros ajustados para cada una de las 20 transformaciones de la serie de datos se encuentran en la columna *Total* de las estadísticas de las estaciones. Con la intención de determinar los recursos eólicos en los lugares en los que las clases de rugosidad cambian con la dirección del viento – por ejemplo, un lugar en la costa – cada una de las 20 series se han dividido en otras 12 series en función de la dirección del viento. Los parámetros de la distribución de Weibull ajustada a esta nueva serie, también se dan en las estadísticas de las estaciones. Y finalmente, las estadísticas de cada estación incluyen también una tabla con los valores medios de la velocidad del viento y los valores medios correspondientes del contenido energético del viento para cuatro clases distintas de rugosidad y las cinco alturas de referencia. Estos valores para las 208 estaciones son la base para los mapas del Capítulo 2, de energía media y valores medios de la velocidad del viento.

Hay que hacer notar que la validez de estas estadísticas derivadas para una estación, depende de la calidad de los datos obtenidos y de la cantidad de información de la que se dispone. Para alguna de las estaciones, ésta ha sido muy mínima debido a distintas razones, como por ejemplo, el caso en que las fotografías de las estaciones de un aeropuerto determinado han sido catalogadas como material militar y, por lo

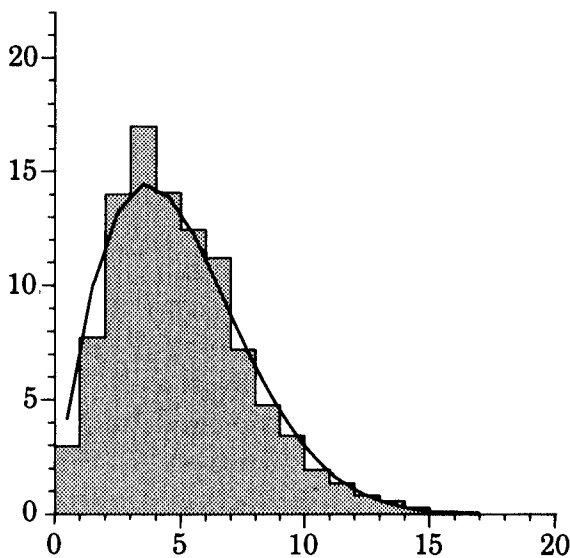
Fuerteventura, Islas Canarias, España
 $A = 7.2 \text{ m s}^{-1}$, $k = 2.78$



Snaefell, Reino Unido
 $A = 15.4 \text{ m s}^{-1}$, $k = 2.08$



Schiphol, Países Bajos
 $A = 5.6 \text{ m s}^{-1}$, $k = 1.83$



Mont de Marsan, Francia
 $A = 2.4 \text{ m s}^{-1}$, $k = 1.24$

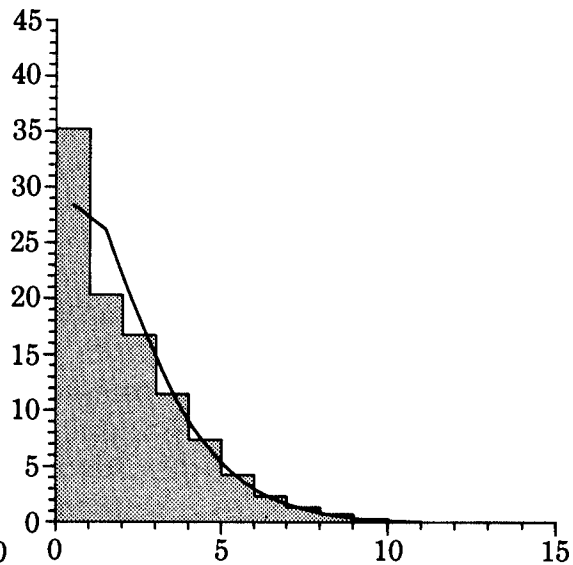


Figura 1.11. Histogramas de las medidas de la velocidad del viento y las correspondientes funciones de distribución de Weibull ajustadas para el caso de cuatro de las estaciones utilizadas en el Atlas. Los parámetros de Weibull se dan para cada estación: el parámetro de escala A está relacionado con el valor medio de la velocidad del viento y el parámetro de forma k determina la forma de la curva de Weibull. Ver Capítulo 8 para más detalles. Eje horizontal: velocidad del viento en metros por segundo. Eje vertical: frecuencia de ocurrencia en tanto por ciento.

tanto, no utilizables en este estudio. Es posible que alguno de los usuarios del Atlas pueda disponer de descripciones más detalladas para algunas estaciones que las que aquí se han conseguido. También puede darse el caso de que algún usuario quiera extender el Atlas e incluir en él más estaciones. En ambos casos, el usuario puede recalcular las estadísticas en el Atlas y añadir más estadísticas de otras estaciones con la ayuda del programa de ordenador antes mencionado – el Programa de Análisis y Aplicación del Atlas Eólico – ya que, la parte de análisis de este programa, es lo que se usó para calcular también las estadísticas de los climas regionales en el presente Atlas.

Existen muchos estudios que tratan el tema del clima eólico; algunos de ellos están listados en el Capítulo 10. En lugar de desarrollar un método específico para analizar el efecto de la topografía, tal y como se ha hecho en el Atlas Eólico, la mayoría de los estudios aplican los análisis estadísticos directamente sobre los datos. En algunos de ellos, se hacen rudimentarias correcciones de los datos para diferentes condiciones de observación y, debido a la gran variabilidad de las condiciones de observación causadas por las diferencias de topografía local, esta corrección puede ser muchas veces engañosa. Eso puede ser un problema, sobretodo cuando los mapas se dibujan a partir de la interpolación de los datos entre estaciones.

Los datos que forman la base de este Atlas cubren en la mayoría de los casos el período de diez años, 1970–1980. En temas de climatología práctica, es corriente utilizar períodos de 30 años como base de datos. La incógnita es: ¿hasta que punto un período de diez años es representativo para el clima a largo plazo?, y – más importante que eso – ¿como de grande puede esperarse que sea la diferencia en las décadas venideras?

Un estudio sobre la variabilidad del clima en el norte de Europa (Larsen et al., 1988) muestra como en los años setenta la energía media contenida en el viento fue muy similar a la media para el período 1873–1982. Pero el estudio muestra también que las variaciones de una década a otra, pueden llegar a superar el 30 por ciento. La Figura 1.12 enseña esta variabilidad.

Otro estudio (Petersen et al., 1981) consistente en el análisis del valor esperado de potencia que un aerogenerador a 45-m de altura puede extraer del viento en un período de 22 años, concluye que la variación interanual de potencia corresponde a una valor relativo medio de la desviación típica de un 13 por ciento aproximadamente.

Para una buena valoración económica del uso de la energía eólica, una variación tal no hay que olvidarla. Comparando con otros factores importantes como son tipos de interés y precios de otros combustibles, la incertidumbre en los recursos eólicos no es mayor que la esperanza de vida de un aerogenerador, digamos 20 años. Basándonos en los estudios citados, puede estimarse la variación de la energía media desde un período de 20 años a otro para tener una desviación típica de un ≈ 10 por ciento o menos.

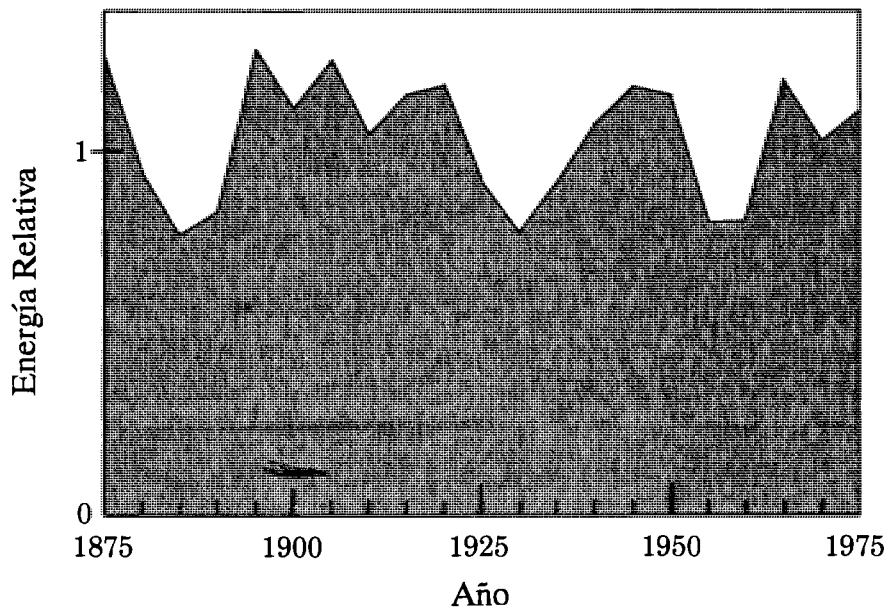


Figura 1.12. Energía media contenida en el viento para distintos periodos consecutivos de 5 años, a partir de las series temporales de Hesselø, Dinamarca, 1873-1982 (Larsen et al., 1988).

Se ha señalado ya anteriormente como la fiabilidad del cálculo de la energía eólica basado en la estadística del Atlas Eólico depende de la fiabilidad de los datos de la estación concreta de la que se ha deducido la estadística. Un examen de la calidad de los datos se puede hacer para la mayoría de las estaciones, a partir de las descripciones de cada una de ellas y del conjunto de figuras tituladas *huellas climáticas del viento* en el Capítulo 7. Las huellas muestran las variaciones diarias y anuales del valor medio de la velocidad del viento y la energía media contenida en el viento. También hay una rosa de los vientos, el espectro y la desviación mes por mes entre las medias de la velocidad y la energía y el valor medio anual. Esta última estadística permite al usuario juzgar la variación de año en año en una determinada estación y, con eso, despreciar o tratar muy cuidadosamente las estaciones con una marcada tendencia en los datos.

Parte I

LOS RECURSOS EOLICOS

Capítulo 2

Los recursos eólicos en Europa

Los recursos de energía eólica a lo largo de Europa varían enormemente, pues coexisten en ella desde un clima marítimo en las Islas Británicas hasta un clima Mediterráneo en las islas Griegas, pasando por un clima continental en Alemania central. Estas variaciones son superiores a un factor diez en la escala de energías. Y, este cambio en el contenido medio energético del viento no se da sólo con distancias largas, si no que pueden observarse cambios sustanciales con distancias cortas también. Es por eso que para determinar los recursos eólicos en una región o en un lugar determinado es indispensable el disponer de datos y métodos fidedignos.

El propósito del Atlas Eólico es, pues, doble: presentar datos de viento y proveer de la metodología necesaria para generalizar estos datos a los entornos de las regiones de donde han sido tomados. Esto nos va a permitir el hacer estimaciones de los potenciales de energía eólica en distintos lugares y, así, decidir el emplazamiento idóneo para aerogeneradores.

En este capítulo se da primero una breve descripción del clima eólico en Europa, tal y como se deduce de los datos obtenidos en las 175 estaciones meteorológicas utilizadas en el análisis del Atlas Eólico. Para una descripción más general del clima en Europa se recomienda al lector recurrir a los volúmenes del “World Survey of Climatology” (Landsberg and Wallén, 1970, 1977). Seguidamente, se dan en una serie de mapas los valores medios de los recursos de energía eólica a 50 metros de altura por encima de la superficie. Los mapas distinguen en la geografía cinco clases diferentes de energía eólica. Cada una de estas clases, que depende principalmente de la topografía, representa un rango de densidad de energía eólica o de valor medio de la velocidad del viento. Los valores esperados para los rangos de densidad de energía media y de velocidad media del viento, vienen tabulados para cinco condiciones topográficas distintas: zonas al abrigo o protegidas del viento, campo abierto llano, litoral marítimo, mar abierto y zonas con colinas o montañas expuestas al viento. Se han escogido estas condiciones sólo para dar una idea de los rangos típicos de energía eólica, y sólo como tales hay que interpretarlos. Hay que remarcar que condiciones específicas del terreno pueden provocar grandes modificaciones sobre estos valores en distancias muy cortas, especialmente en zonas de la costa o en zonas montañosas. Los mapas no muestran en general los cambios producidos debido a

fenómenos locales, pero pueden utilizarse junto con las tablas y el conocimiento de la topografía local para identificar posibles áreas de alto nivel energético. Se ha intentado, a pesar de todo, hacer algunas predicciones sobre donde pueden existir sistemas eólicos locales, debidos a la topografía o a grandes cambios de temperatura en superficie. En lugares de este tipo, el efecto de concentración puede elevar considerablemente el potencial eólico de la zona. Su localización en los mapas, que a falta de datos es un poco subjetiva, viene señalada por pequeños círculos. Notar como el efecto del Mistral, que no está en la categoría de un sistema local de viento, está bien determinado por los datos y aparece claramente en los mapas.

2.1 El clima eólico en Europa

Son tres los principales factores que marcan el régimen de vientos en Europa: la gran diferencia de temperatura entre el aire Polar en el norte y el aire Subtropical en el sur; la distribución de agua y tierra con el Océano Atlántico en el oeste, Asia en el este y el mar Mediterráneo y Africa en el sur; y las grandes fronteras orográficas como son los Alpes, los Pirineos y la cadena Escandinava.

Una característica remarcable en el clima eólico europeo es el régimen de vientos del norte (alrededor de unos 40 grados), que consiste en ciclones y anticiclones migratorios moviéndose hacia el este o hacia el noreste por encima del Atlántico norte penetrando en Europa.¹

Los fuertes movimientos a 40 grados dirección norte pueden algunas veces descender por la mayor parte de Europa y llegar hasta el Mar Egeo, pero en general, cuando los ciclones se mueven desde el mar a la tierra, se retardan y se suavizan. Así, su influencia en el clima eólico lejos del Océano Atlántico, decrece y son otros los efectos que prevalecen.

Desde el punto de vista de la energía eólica, basta con distinguir dos clases en el clima eólico en Europa:

- clima eólico en lugares en los que la energía que puede ser extraída del viento proviene principalmente de los ciclones con movimiento hacia el este.
- clima eólico en lugares en los que la energía que puede ser extraída del viento es sólo en parte – o no lo es en absoluto – debida a los ciclones con movimiento hacia el este.

El área más fuertemente influenciada por el tiempo debido al *movimiento hacia el este* se muestra en la Fig. 2.1. Es característico del clima eólico en esta parte de Europa el hecho de que el viento geostrófico medio, que es aproximadamente el viento medio a 1500 metros de altura, está bien definido a lo largo de grandes regiones. En la Fig. 2.1, puede distinguirse claramente la existencia de un gradiente global en el clima eólico de dirección de NW a SE.

¹Los ciclones son sistemas de viento asociados a centros de bajas presiones, creados a lo largo del frente polar que separa el frío polar y las masas más cálidas de aire subtropical.

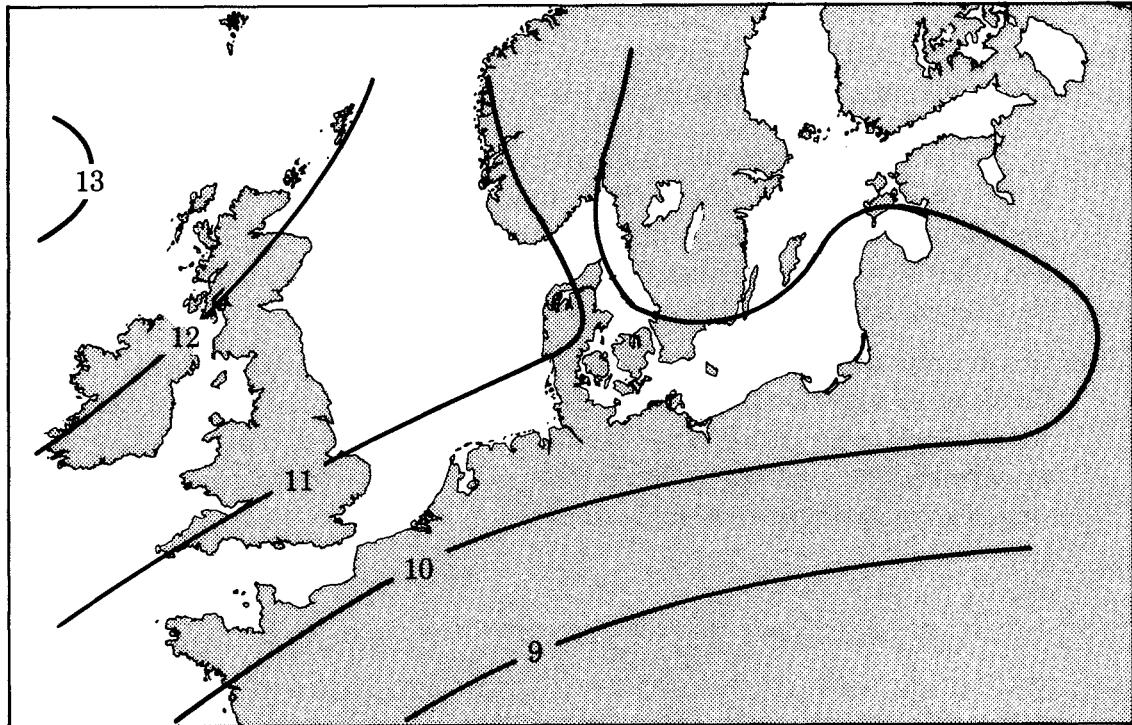


Figura 2.1. El viento geostrófico medio en el Norte de Europa en metros por segundo. Basado en los datos de Børresen (1987) y las estadísticas en el capítulo 7.

La segunda clase de clima eólico identificada anteriormente domina la mayor parte de las regiones de la Fig. 2.2, en donde África, el Mar Mediterráneo, Los Alpes y los terrenos predominantemente montañosos ayudan a la formación de sistemas de viento locales. Así ocurre con el Mistral, un viento fuerte del norte que penetra en el Valle del Rhone y se esparce por la Riviera Francesa hasta el Mar Mediterráneo durante largos períodos en invierno. También el Sirocco, que a través del Mar Mediterráneo transporta masas de aire con grandes cantidades de polvo Sahariano hasta los países del este de Europa. Los Etesios en la región del sureste europeo, de dirección e intensidad muy constantes. El Bora en el este del Mar Adriático, viento fuerte y polvoriento originado por masas de aire que rompen a través de vías estrechas en los Alpes. El Levante, un viento del este que sopla en la costa este de España y en el Estrecho de Gibraltar. El Vardarac (Verdarro), un viento del norte que sopla en la costa norte de Salonika. Existen más sistemas eólicos de carácter local, como por ejemplo el Bise y la Tramontana. Un fenómeno especial que se da en muchas regiones de Europa, es el Föhn, el más conocido del cuál es el que se da alrededor de los Alpes. El Föhn del norte es una capa de aire frío que sobrepasa la cadena montañosa de los Alpes, resultando un caudal en rachas de aire frío a lo largo de la vertiente sur de los Alpes. El Föhn del sur es el caso contrario al del Föhn del norte: un viento cálido y seco en los Alpes y en la vertiente norte de los Alpes.

La descripción y la clasificación del clima en una región determinada no es siempre una cuestión sencilla de resolver. Los datos básicos para el Atlas Eólico son las funciones de frecuencia de la velocidad del viento. Además, el Atlas proporciona estadísticas que describen las condiciones climáticas del viento en cada estación. Antes de entrar en el estudio de este conjunto de estadísticas del viento, es nece-

Los histogramas sectoriales de la velocidad del viento (La función de distribución de la velocidad del viento). Se trata de una rosa de los vientos en la que, las medidas de la velocidad del viento se distribuyen según su dirección (12 sectores) en intervalos de 1 m s^{-1} . Las frecuencias altas en las velocidades bajas indican un clima peninsular como el que se observa en las estaciones en Alemania de München, Nürnberg y Stuttgart o en estaciones resguardadas por montañas como son las estaciones en Francia de Mont de Marsan, Perpignan y Carcassone. Para las dos últimas estaciones, las estadísticas también delatan direcciones preferentes del viento a lo largo de un valle. Estaciones fuertemente influenciadas por movimientos del oeste pueden ser identificadas por el hecho de tener frecuencias altas y velocidades del viento grandes en los sectores desde unos 210° hasta 330° . Son ejemplos de ello las estaciones de Bellmullet en Irlanda, Benbecula en UK, Hamburg en Alemania y Cambrai en Francia.

Variación anual y diaria de la velocidad del viento Las variaciones medias diaria y estacional de la velocidad del viento son, a menudo, buenos indicativos de la clase de clima eólico. Una variación diaria pequeña a lo largo del año, es característica de clima oceánico o de lugares con amplias cimas: ejemplos de ello son los dos buquesfaro – Texel (Países Bajos) y Horns Rev (Dinamarca) – y Snaefell (Isla de Man, UK, altura 615 m). Una variación diaria grande en todos los meses indica zonas en el sur de Europa, mientras que una variación diaria grande en verano y una variación pequeña en invierno son una característica ampliamente extendida en Europa en el norte de los Alpes. Las variaciones anuales, así como las diarias, están afectadas tanto por las condiciones a gran escala como por las locales, pero la variación anual es generalmente indicativa de la climatología regional. Son ejemplos las Islas Canarias, España, situadas en el cinturón de los vientos Alisios, mostrando un máximo en los meses de verano mientras que en los países del norte de Europa hay un mínimo en estos mismos meses.

Una discusión completa de las climatologías locales europeas, basadas en las estadísticas del Capítulo 7, sería salirnos de los propósitos de este Atlas. De todas formas, a partir del estudio y comparación de la información detallada que se da en el Capítulo 7, el lector puede obtener una impresión general sobre el clima eólico en Europa.

2.2 Mapas de recursos de energía eólica

Los recursos eólicos en Europa se muestran en 15 mapas coloreados. Los colores simbolizan los recursos eólicos disponibles. Los mapas pueden servir a dos fines distintos: uno de ellos es el de identificar amplias regiones con la certitud de que pueden ser explotadas como recurso eólico, y el otro el de mostrar la diferencia relativa a lo largo de Europa de la disponibilidad de recursos eólicos. Los recursos eólicos pueden variar enormemente a lo largo de distancias cortas debido a la topografía pero para mostrar estos detalles serían necesarios mapas de más alta resolución. Así, para la preparación de los mapas ha sido necesario anular la influencia de la topografía local y considerar sólo las diferencias a grandes escalas. Los mapas se

han realizado usando los datos de todas las estaciones meteorológicas incluidas en el Atlas Eólico. Hay una lista de las estaciones en el capítulo 7 y los métodos utilizados para anular de los datos los efectos de la topografía local se describen a lo largo del Atlas, y en particular en el Capítulo 8.²

Los mapas han sido realizados para mostrar la variación de los recursos eólicos a lo largo de anchos llanos lejos de montañas y líneas costeras. El cambio brusco entre distintos colores no refleja la realidad de los recursos eólicos, es sólo consecuencia de la técnica usada en la ilustración.

En las áreas montañosas, la impresión proporcionada por los mapas es menos conseguida. Para facilitar la evaluación de la influencia de las montañas y por lo tanto, aumentar la información, los mapas van acompañados de una rúbrica para las *diferencias de relieve*, es decir, la diferencia entre el nivel más alto y el más bajo dentro de unidades de área de 100 km² de superficie. Y, aunque los mapas no señalan los efectos de la topografía local, se hace una excepción con el fenómeno al que nos referimos con el término *efectos de concentración local*. La topografía típica para favorecer una situación tal, son valles y cañones descendientes de montañas en una dirección paralela al viento predominante a gran escala con un estrechamiento en algún lugar. Otro ejemplo sería una cuenca a la que llega una corriente de aire frío procedente de las montañas vecinas (Wegley et al., 1980). El notable desarrollo que el tema de la energía eólica ha experimentado en California desde 1980 hasta la actualidad es debido principalmente a la existencia de efectos de concentración en los pasos costeros y del interior, los cuáles actúan como embudo para el aire frío marino procedente del Océano Pacífico, dirigiéndolo a los valles cálidos y secos del interior de California. De entre los pasos principales o pasillos de viento con gran potencial eólico y grandes parques eólicos, destacan: Altamont Pass, Tehachapi Pass, y San Geronimo Pass (Elliot et al., 1986).

No se dan este tipo de efectos tan pronunciados en los pasos que pueden encontrarse en Europa, pero sí que hay zonas favorables a ellos, especialmente en el sur de Europa. A falta de datos, estas zonas no han podido identificarse para el Atlas Eólico, pero los mapas sugieren una posible localización para áreas de este tipo.

La representación cualitativa de los recursos eólicos en los mapas, puede interpretarse cuantitativamente en términos de producción anual de energía en kWh. Para ello se necesitan dos cosas: las características del sistema de conversión de energía eólica – como por ejemplo, la curva de potencia de un aerogenerador – y conocimientos acerca de la energía aprovechable debido a la topografía local. Este último aspecto se aclara en los recuadros en los mapas, que dan el valor medio de la velocidad del viento y la densidad energética media a 50 metros de altura para cinco clases distintas de topografía. En el Capítulo 4 se explica como estos datos pueden traducirse a distintas alturas y como trabajar con ellos en casos prácticos.

²Las influencias a escala local en este contexto son las situaciones de resguardo al viento debidas a los edificios vecinos y las modificaciones del viento debidas al terreno entre 10 y 20 km desde la estación de medida.

Consideremos el siguiente ejemplo para ver como los mapas pueden representar una medida cuantitativa de los recursos eólicos, teniendo en cuenta tanto las variaciones regionales como la dependencia topográfica: ¿Cuántas casas pueden abastecerse con la electricidad que produce un gran aerogenerador de 50 metros de altura, 50 metros de diámetro de rotor y 1 MW de potencia, si cada casa consume 4500 KWh por año?³ La respuesta se encuentra en la Fig. 2.3 porque en este caso concreto, el cálculo nos dice que el número de casas es del mismo orden de magnitud que la densidad de energía a 50 metros. Así, por ejemplo, en la costa noroeste de Francia, entre 400 y 700 casas podrían ser alimentadas por este aerogenerador, y aproximadamente el mismo número de ellas en el centro de Portugal, si el aerogenerador está situado en una montaña expuesta al viento y el consumo de energía es el mismo en los dos países.

Así, los mapas revelan como las áreas potencialmente válidas para el aprovechamiento de la energía eólica, están dispersas por toda Europa. Las que tienen más extensión de recursos eólicos son: las Islas Británicas, la región del Mar del Norte en la Europa oeste continental, la parte noroeste de la Península Ibérica y la mayoría de las islas Griegas. En el Mediterráneo, algunas regiones disfrutan – desde el punto de vista de la energía eólica – del beneficio de ciertos procesos atmosféricos especiales que son favorables al viento. Sistemas eólicos bien conocidos son el Mistral, la Tramuntana y el Bora. Algunos sistemas eólicos mucho más locales – favorecidos por la topografía y las grandes diferencias superficiales de temperatura – pueden encontrarse a lo largo de Europa, sobretodo en la parte más al sur. En lugares así, el efecto de concentración puede producir altos niveles de energía eólica. A falta de datos, estos lugares no han podido identificarse de forma objetiva en el Atlas Eólico. Finalmente, debido a posibles incrementos del potencial de energía eólica que pueden aparecer bajo ciertas condiciones topográficas, como por ejemplo, colinas expuestas al viento o litoral perpendicular al viento predominante, es posible encontrar en toda Europa zonas en las que es válido el aprovechamiento de la energía eólica, incluso si en los mapas aparecen en regiones de escasa energía. No es posible localizar un tipo de zona así en regiones escasas en recursos eólicos a partir del Atlas Eólico. Para ello hay que realizar medidas de viento durante algunos años en zonas de las que se sospecha son ricas en recursos eólicos. Los métodos especificados en el Atlas Eólico pueden ser utilizados en la selección de estas zonas y en la decisión del formato para las medidas.

³Este es el valor medio de la electricidad que se consume en una casa en Dinamarca cuando el sistema de calefacción no es eléctrico.

2.3 Leyenda en los mapas de los recursos eólicos

Los recursos eólicos y las diferencias de relieve en los países de la CE se muestran en 15 mapas de colores en las páginas siguientes. Se han señalado también los ríos más importantes y las fronteras.

Los recursos eólicos se refieren a una altura de 50 metros por encima de la superficie y la leyenda informa de la velocidad media del viento y de la densidad media de energía eólica para 5 condiciones topográficas distintas. Las áreas en donde se especula puedan haber efectos de concentración es local, pero de las que no se dispone de medidas de viento, se indican en los mapas con círculos.

Las diferencias de relieve es la diferencia en altura entre el nivel más alto y el más bajo en la unidad de área de 100 km² – aquí círculos de 5.6 km de radio (Rutkis, 1971). Para el propósito del Atlas, es suficiente el marcar las diferencias de relieve para tres amplias clases:

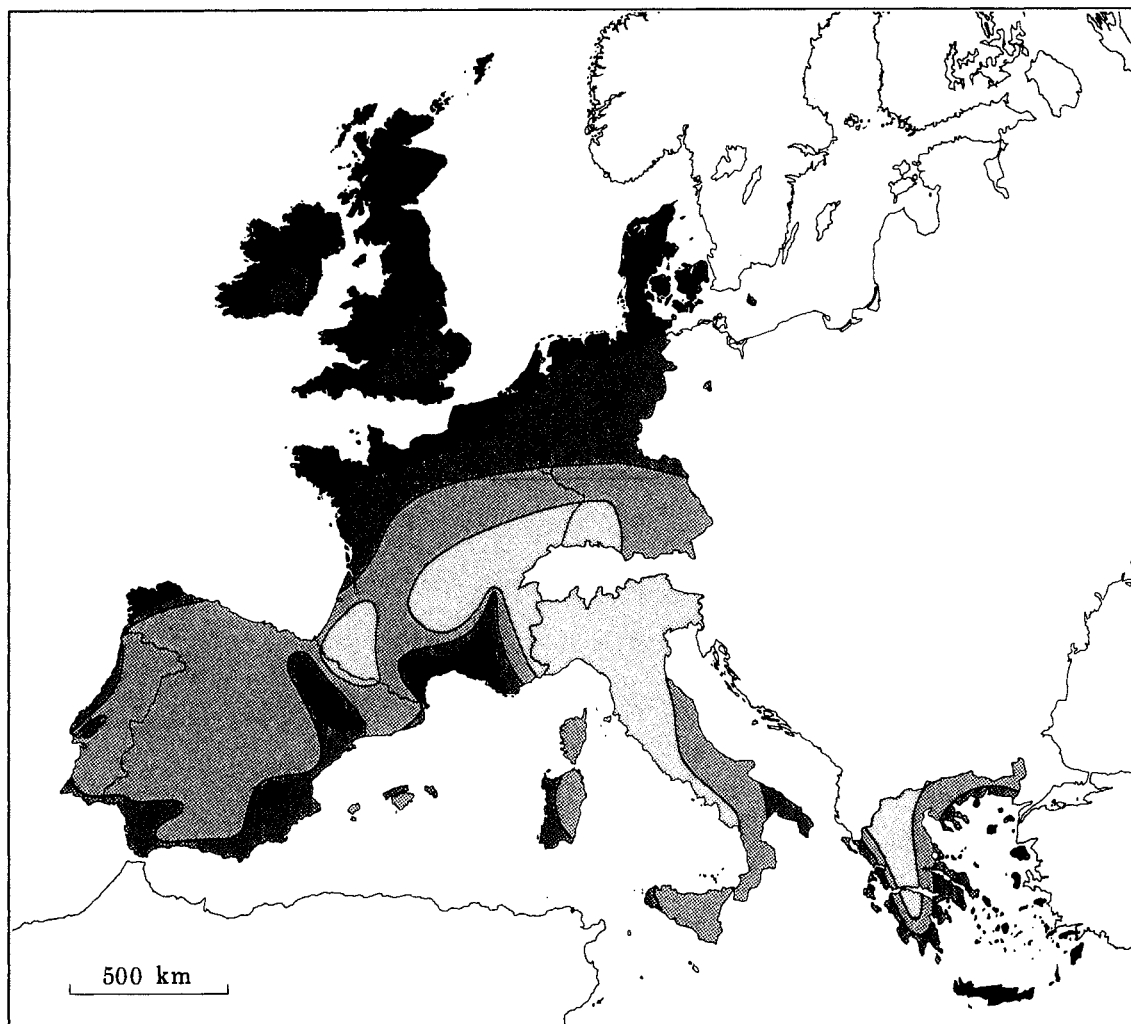
Tonalidad	Diferencias de relieve [m]
ninguna	0 – 200
clara	200 – 800
oscura	> 800

La diferencia de relieve no se señala en los mapas de Grecia y en las islas del Atlántico, Portugal y España por falta de datos en estas áreas.

Una información más detallada de las diferencias de relieve en el oeste de Europa, puede encontrarse en el mapa de William-Olsson (1974), en el que se consideran ocho clases distintas en función del relieve.

Aunque no existe una relación directa entre las diferencias de relieve que se señalan en los mapas y los distintos tipos de paisajes mencionados en el Capítulo 1, los paisajes 1 y 2 están en la mayoría de los casos en la clase inferior de diferencia de relieve, mientras que los paisajes tipo 5 estprotectásn básicamente en las zonas de tonalidad oscura. Las zonas de tonalidad clara acostumbran a pertenecer a paisajes tipo 3 y 4.

Figura 2.3. Distribución de los recursos eólicos en Europa. Con el uso de la leyenda el aprovechamiento de la energía eólica a 50 metros puede ser estimado en cinco distintas condiciones topográficas. No se han señalado regiones en las que pueden darse efectos de concentración local. Las Azores, Madeira y las islas Canarias no están en el mapa pero pueden encontrarse en los mapas posteriores más detallados. ►



Recursos eólicos¹ a 50 metros por encima del nivel del suelo para cinco condiciones topográficas

	Terreno resguardado ²		Campo abierto ³		Costa marítima ⁴		Mar abierto ⁵		Colinas y montañas ⁶	
	ms ⁻¹	Wm ⁻²	ms ⁻¹	Wm ⁻²	ms ⁻¹	Wm ⁻²	ms ⁻¹	Wm ⁻²	ms ⁻¹	Wm ⁻²
■	> 6.0	> 250	> 7.5	> 500	> 8.5	> 700	> 9.0	> 800	> 11.5	> 1800
■	5.0-6.0	150-250	6.5-7.5	300-500	7.0-8.5	400-700	8.0-9.0	600-800	10.0-11.5	1200-1800
■	4.5-5.0	100-150	5.5-6.5	200-300	6.0-7.0	250-400	7.0-8.0	400-600	8.5-10.0	700-1200
■	3.5-4.5	50-100	4.5-5.5	100-200	5.0-6.0	150-250	5.5-7.0	200-400	7.0- 8.5	400- 700
■	< 3.5	< 50	< 4.5	< 100	< 5.0	< 150	< 5.5	< 200	< 7.0	< 400

1. Los recursos se refieren a la energía que hay en el viento. Un aerogenerador puede utilizar entre un 20 y un 30 % de los recursos disponibles. Los recursos se han calculado para una densidad del aire de 1.23 kg m⁻³, que corresponde al valor de presión de referencia al nivel del mar y a una temperatura de 15°C. La densidad del aire decrece con la altura pero por encima de los 1000 m sobre el nivel del mar, la reducción resultante es inferior a un 10%. Ver Tabla B.1 en el Apéndice B.
2. Distritos urbanos, bosques y tierras de cultivo con muchos setos (clase 3 de rugosidad).
3. Paisajes abiertos con pocos setos (clase 1 de rugosidad). En general, las zonas interiores más favorables a nivel del suelo se encuentran aquí.
4. Las clases pertenecen a un litoral rectilíneo, rosa de los vientos uniforme y superficie de tierra con pocos setos (clase 1 de rugosidad). Los recursos serán superiores, y similares a valores correspondientes a mar abierto, si los vientos de mar son los más frecuentes, es decir, si la rosa de los vientos no es uniforme y/o la tierra penetra en el mar. Contrariamente, los recursos serán generalmente inferiores, y similares a valores correspondientes a los de tierra, si los vientos de tierra son los más frecuentes.
5. Más de 10 km de la costa (clase 0 de rugosidad).
6. Las clases corresponden a un 50% de aumento de velocidad y se refieren a zonas en la cresta de una colina con simetría axial de 400 metros de altura y una base de 4 km de diámetro. El exceso de velocidad depende de la altura, longitud y emplazamiento específico de la colina.

Parte II

DETERMINACION DE LOS RECURSOS EOLICOS

Capítulo 3

Conceptos generales

Llamamos *valoración regional* a la estimación del potencial eólico basada en el conjunto de todas las estimaciones del contenido medio energético del viento a lo largo de la región, y nos sirve para el *emplazamiento* de un aerogenerador, es decir, para hacer una predicción de la energía media anual que un aerogenerador determinado produciría en ese lugar. La información necesaria para decidir el emplazamiento tiene que ser más detallada que la de la valoración regional de recursos. Pero las dos aplicaciones utilizan los conceptos generales del análisis topográfico y las climatologías eólicas regionales.

Para calcular los efectos de la topografía en el viento, se necesita una descripción sistemática de las características topográficas de la zona.

En las proximidades de un obstáculo, como puede ser un edificio, el viento está fuertemente afectado por éste. El efecto se extiende verticalmente hasta una distancia de unas tres veces la altura del obstáculo, y horizontalmente siguiendo la corriente, a unas 30 o 40 veces la altura. Si el punto en el que nos interesa evaluar el viento, o el punto en el que tenemos la estación, está en esta región, hay que tener en cuenta el efecto resguardante.

El efecto conjunto de la superficie del terreno y de los obstáculos, consistente en un retraso en el viento en superficie, es a lo que nos referimos con el nombre de rugosidad superficial. Como ejemplos de los elementos topográficos que contribuyen a la rugosidad, podemos citar la vegetación y las casas.

Los elementos orográficos, así como colinas, precipicios, acantilados y sierras ejercen también su influencia en el viento. En las cimas y crestas de estos accidentes orográficos, el viento se acelerará mientras que, en los pies de las colinas y en los valles, se va a decelerar.

Para una situación determinada, son tres los principales factores de la topografía que afectan al viento: resguardo, rugosidad y orografía. Así, como regla general, hay que especificar los obstáculos vecinos, la rugosidad del terreno circundante y la orografía.

3.1 La rugosidad de un terreno

La rugosidad en una determinada superficie se calcula por la medida y la distribución de los elementos rugosos que contiene; para superficies de tierra estos elementos son típicamente vegetación, áreas edificadas y tipo de suelo. En el Atlas Eólico, los terrenos se han dividido en cuatro clases distintas, cada una caracterizada por la rugosidad de sus elementos. Las referencias a cada tipo de terreno se hacen a través de su *clase de rugosidad*. En las Figs. 1.2–1.5 se da una descripción e ilustración de cada una de estas clases.

El parámetro de aspereza

La rugosidad del terreno se acostumbra a parametrizar por una escala de longitud llamada el parámetro de aspereza z_0 .

Lettau (1969) proporciona una relación empírica sencilla entre los elementos rugosos y el parámetro de aspereza. Un elemento rugoso se caracteriza por su altura h y por la sección que se encara al viento S . Además, para un determinado número de elementos rugosos distribuidos por toda una área, la densidad puede describirse a partir del área horizontal media, A_H , adjudicable a cada elemento. Así

$$z_0 = 0.5 \cdot \frac{h \cdot S}{A_H} \quad (3.1)$$

Esta es una buena relación para estimar el valor de z_0 , cuando A_H es mucho mayor que S . Si A_H es del mismo orden de magnitud que S , tiende a sobrestimar z_0 ; y esto sucede porque, cuando los elementos rugosos están muy próximos entre sí, el flujo se “eleva” por encima de ellos. En este caso, sólo una parte de S y de h contribuyen a la rugosidad. Además, la elevación del flujo requiere que la altura por encima de la superficie, sea medida en algún punto entre el tope y la mitad de la altura de los elementos rugosos. Esta altura recibe el nombre de *longitud de desplazamiento*. La longitud de desplazamiento hay que tenerla en cuenta muy a menudo, principalmente en sitios como bosques, ciudades y vegetación alta. También, en la Ec. 3.1 se asume que la porosidad es nula, es decir, los elementos rugosos son macizos. Para los elementos de rugosidad porosos, la z_0 de la Ec. 3.1 tiene que reducirse por un factor igual a la porosidad.

Ejemplo 3.1 La Ecuación 3.1 puede ser utilizada para el cálculo del parámetro de aspereza de un terreno con muchas casas (p.e. un pueblo). La rugosidad se estima a partir de $h = 5$ m, $S = 100$ m² y $A_H = 1000$ m²:

$$z_0 = 0.5 \cdot 5 \cdot \frac{100}{1000} = 0.25 \text{ m}$$

La relación empírica puede también aplicarse a los setos (zonas resguardantes) dejando $S \sim hL$ y $A_H \sim \ell L$, en donde L es la longitud del seto y ℓ la distancia entre ellos. Así, la Ec. 3.1 se convierte en:

$$z_0 = 0.5 \cdot \frac{h^2}{\ell} \quad (3.2)$$

Para un valor de la altura de 10 m, la influencia de la ℓ en z_0 se ilustra con la siguiente tabla:

ℓ	[m]	1000	500	200
z_0	[m]	0.05	0.1	0.25

Hay que remarcar que hemos considerado una porosidad nula en el cálculo anterior. Para setos, árboles y arbustos, la porosidad es de, aproximadamente, 0.5, lo que implica que la distancia ℓ entre setos debe reducirse a la mitad para tener la misma porosidad.

La Figura 3.1 indica la relación entre el parámetro de aspereza, las características del terreno y la clase de rugosidad. El parámetro de aspereza de las superficies con vegetación puede variar con la velocidad del viento. Por ejemplo, los tallos de las plantas al doblarse con el viento, pueden cambiar la forma de la superficie. Un fenómeno parecido se da con las olas en el mar en donde, tanto su altura como su forma dependen de la velocidad del viento. Basándonos en el estudio de las dimensiones, llegamos a la siguiente expresión para la rugosidad en el agua cuando se desprecian los efectos viscosos y la tensión superficial del agua (Charnock, 1955):

$$z_0 = b \frac{u_*^2}{g} \quad (3.3)$$

en donde b es una constante ($b \approx 0.014$), g la aceleración de la gravedad y u_* la velocidad de rozamiento (ver Ec. 8.2).

En el Atlas Eólico se han provado dos opciones: el uso de la Ec. 3.3 o un valor fijo para la rugosidad en las superficies acuosas, clase 0 de rugosidad. El resultado es que, un valor fijo de 0.0002 m daba resultados tan buenos como los de la Ec. 3.3 para vientos de moderados a altos, en cuanto a los intereses del Atlas Eólico se refiere. Por lo tanto, todas las estadísticas del Atlas en superficies acuosas se han calculado a partir de este valor.

Queremos señalar que, en general, el parámetro de aspereza tal y como se aplica en el Atlas Eólico debe ser considerado como un parámetro climatológico, ya que la rugosidad en un terreno varía con el crecimiento de las plantas, la pérdida de las hojas, las nevadas y demás. La producción energética de un aerogenerador tiene que predecirse en función del clima y de las variaciones del tiempo; no obstante, las variaciones estacionales de las características locales del terreno pueden también tener una profunda influencia.

z_0 [m]	Características superficiales del terreno	Clase de rugosidad
1.00	ciudad bosque	3
0.50	suburbios	
0.30	zonas resguardantes	
0.20	muchos árboles y/o arbustos	2
0.10	campos de apariencia cerrada	
0.05	campos de apariencia abierta	1
0.03	campos con muchos edificios, árboles etc. zonas de aeropuerto con árboles y edificios	
0.01	zonas lejos de aeropuertos césped segado	0
$5 \cdot 10^{-3}$	suelo desnudo (liso)	
10^{-3}	superficies nevadas (lisas)	
$3 \cdot 10^{-4}$	superficies de arena (lisas)	0
10^{-4}	zonas de agua (lagos, fiordos, mar abierto)	

Figura 3.1. Parámetro de aspereza, superficies típicas y clase de rugosidad. Las clases de rugosidad se indican con líneas verticales. Los puntos centrales dan los valores de referencia y la longitud de las líneas indica el intervalo del parámetro de aspereza admitido para cada una de las clases.

3.2 Resguardo producido por obstáculos

El resguardo se define como la disminución relativa de la velocidad del viento causada por un obstáculo en el terreno. Que un obstáculo resguarde o no del viento depende de:

- la distancia del obstáculo al punto considerado (x)
- la altura del obstáculo (h)
- la altura del punto considerado (H)
- la largada del obstáculo (L)
- la porosidad del obstáculo (P)

La Figura 3.2 muestra como se reduce la velocidad del viento debido al resguardo que proporciona un obstáculo bidimensional infinitamente largo, de porosidad nula. El efecto resguardante disminuye al hacerlo la longitud y al aumentar la porosidad del obstáculo.

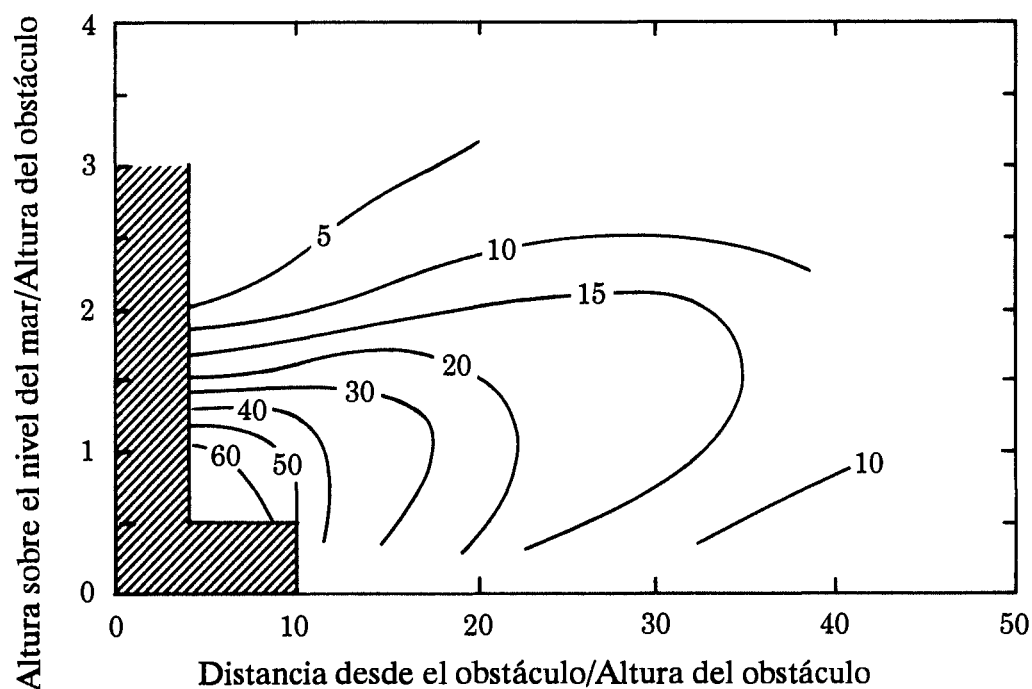


Figura 3.2. Reducción de la velocidad del viento (R_1) en tanto por ciento debido al efecto resguardante de un obstáculo bidimensional, según las teorías de Perera (1981). En la zona sombreada, el resguardo depende de los detalles de la geometría del obstáculo. Además, la velocidad del viento generalmente aumenta en las cercanías y por encima del obstáculo – es un efecto parecido al de las aceleraciones en las cimas de las colinas.

Como regla general, puede considerarse que la porosidad de los edificios es nula y la de los árboles es de ≈ 0.5 . Una fila de edificios iguales separados entre ellos

por una distancia igual a la tercera parte de su largada tendrá una porosidad de aproximadamente 0.33. Para el caso de los setos, pueden aplicarse las características de la Tabla 3.1. La porosidad de los árboles varía con la caída de las hojas, es decir, la época del año y, como en el caso del parámetro de aspereza, la porosidad debe considerarse como un parámetro climatológico.

Tabla 3.1. Porosidad de los setos.

Aspecto	Porosidad P
Sólido (muro)	0
Muy tupido	≤ 0.35
Tupido	0.35 - 0.50
Abierto	≥ 0.50

El efecto de la porosidad, P ($0 \leq P \leq 1$) equivale aproximadamente a multiplicar por $(1 - P)$. Otra consideración importante que hay que tener en cuenta al corregir los datos de viento, es la dimensión lateral del obstáculo L . La mayoría de los datos empíricos, incluyendo los de Perera (1981), se refieren a cercas bidimensionales o a fajas resguardantes de dimensiones laterales infinitas. El efecto resguardante de los obstáculos de dimensión lateral finita disminuye debido a la mezcla lateral en la estela de la corriente; además, el efecto en el valor medio de la velocidad del viento para un determinado sector de azimut disminuye, debido a la dimensión angular finita del obstáculo visto desde el lugar en cuestión. Para un sector dado de 30° , la reducción en el valor medio de la velocidad del viento (R_2) puede estimarse a partir de aplicar al resguardo calculado según la Fig. 3.2 las expresiones siguientes, deducidas únicamente con criterios geométricos:

$$R_2 = \begin{cases} \left(1 + 0.2 \frac{x}{L}\right)^{-1} & \text{para } \frac{L}{x} \geq 0.3 \\ 2 \frac{L}{x} & \text{para } \frac{L}{x} \leq 0.3 \end{cases} \quad (3.4)$$

Así

$$u_{cor} = u \cdot (1 - R_2 \cdot R_1(1 - P)) \quad (3.5)$$

en donde u_{cor} y u son las medias de la velocidad del viento para el caso de condiciones de con y sin resguardo respectivamente, y $R_1 = \Delta u/u$ es el valor fraccional de la reducción de la velocidad sacada de la Fig. 3.2.

3.3 El efecto de las variaciones de la altura en el terreno

La forma más clara de observar el efecto que las variaciones de la altura en el terreno ocasionan en el perfil vertical del viento, es a partir de los resultados del experimento a nivel internacional que se hizo en la colina de Askervein en la isla de South Uist en las Hebrides (Taylor y Teunissen, 1987; Salmon et al., 1987). La Figura 3.3 muestra un dibujo en perspectiva de la colina de Askervein. La línea a lo largo de la cual fueron tomadas las medidas de la velocidad y la dirección del viento, se ha señalado con torres meteorológicas.

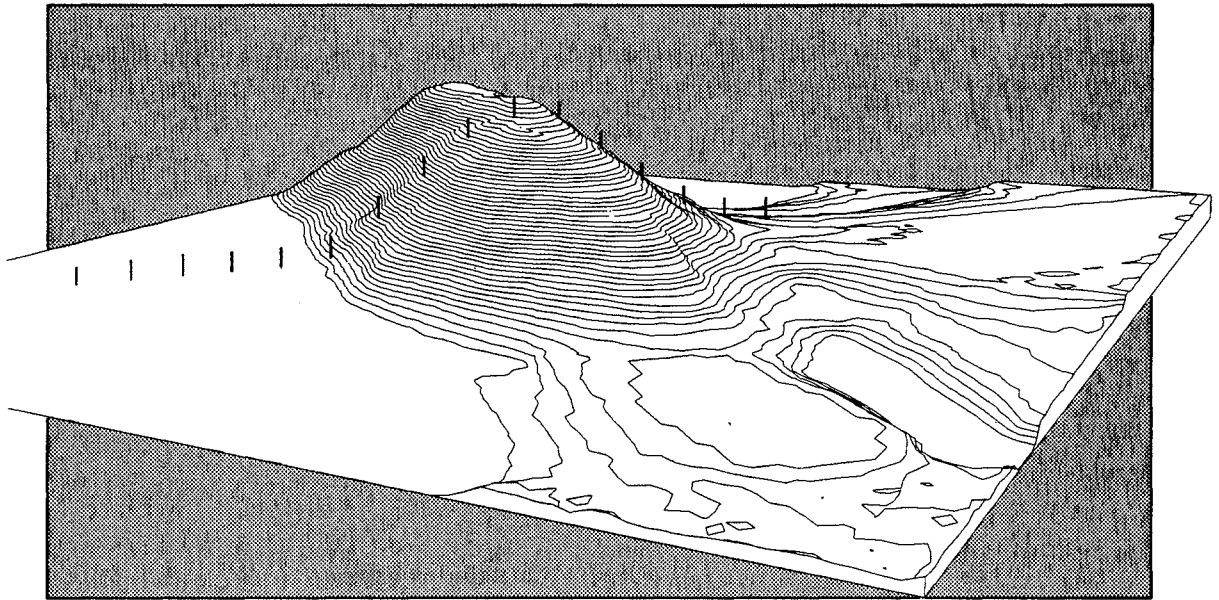


Figura 3.3. Dibujo en perspectiva de la colina de Askervein.

Los datos experimentales se muestran en la Fig. 3.4 con el incremento relativo de la velocidad del viento ΔS a 10 m sobre el nivel de la superficie en el eje de ordenadas y en el eje de abscisas, la distancia desde la cima. El incremento relativo de la velocidad del viento ΔS se define como:

$$\Delta S = \frac{u_2 - u_1}{u_1} \quad (3.6)$$

en donde u_2 y u_1 son las velocidades del viento a la misma altura por encima del nivel del suelo en la cima de la colina y por encima del terreno a corriente arriba de la colina, respectivamente.

Los datos de la Fig. 3.4 se refieren a una dirección perpendicular a la dirección del desnivel. Se muestran también los resultados de tres modelos numéricos: el modelo BZ usado en el análisis del Atlas Eólico y dos otros modelos (Beljaars et al., 1987). Otras características importantes en la Fig. 3.4 son:

- el incremento de la velocidad del viento en la cima es de un 80 por ciento si se compara con los datos de velocidad media no distorsionada corriente arriba
- la disminución de velocidad en la parte frontal y a sotavento de la colina es de un 20 a un 40 por ciento comparado con los datos de velocidad media no distorsionada corriente arriba.

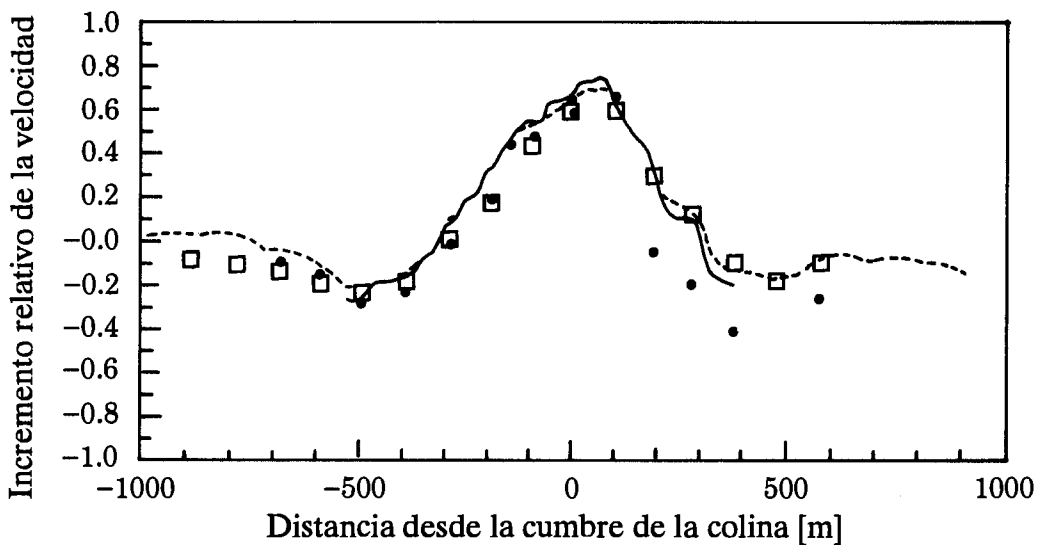


Figura 3.4. Incremento relativo de la velocidad para flujo en la colina de Askervein a 10 m por encima del nivel del suelo. Los puntos se refieren a las medidas y los cuadrados son los resultados del modelo orográfico. Las líneas continua y discontinua son resultados de dos otros modelos.

La Figura 3.5 muestra perfiles verticales de viento registrados simultáneamente corriente arriba y en la cima de la colina de Askervein. Se puede ver como el perfil corriente arriba es logarítmico con la altura, mientras que el perfil en la cima tiene un codo a la altura ℓ , la altura del máximo incremento relativo de la velocidad. El perfil es constante con la altura por encima de este codo hasta el punto en que se cruza con el perfil no distorsionado a una altura $2L$, en donde L es una longitud característica de la colina, la mitad de su extensión como se ve en la Fig. 3.6. Expresiones aproximadas para ΔS y ℓ se pueden encontrar en Jensen et al. (1984):

$$\Delta S \approx 2 \frac{h}{L} \tag{3.7}$$

$$\ell \approx 0.3 \cdot z_0 \left(\frac{L}{z_0} \right)^{0.67} \tag{3.8}$$

Estas fórmulas funcionan bien cuando la dimensión de la colina perpendicular a la dirección del viento es mayor que L , y por lo tanto el problema se puede considerar bidimensional.

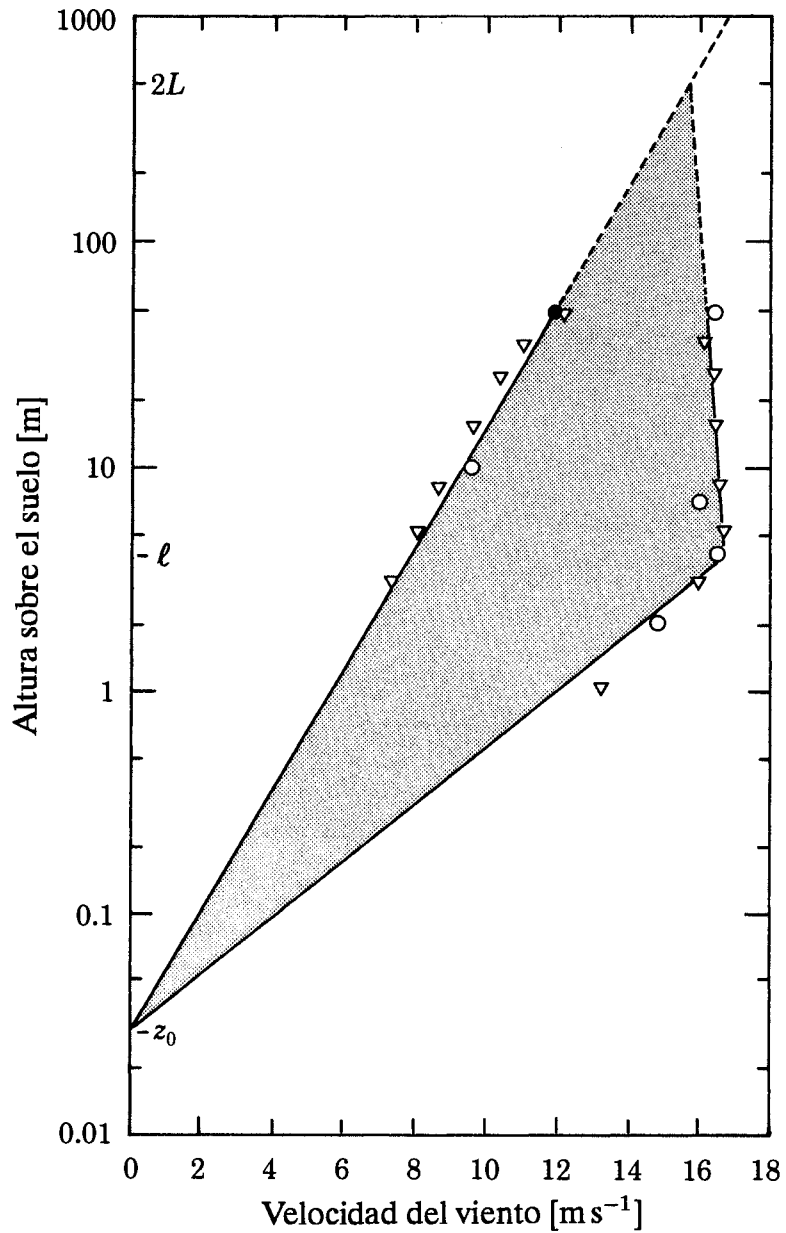


Figura 3.5. Perfiles verticales del viento registrados simultáneamente corriente arriba y en la cima de la colina de Askervein (Jensen et al., 1984). Los símbolos indican medidas de la velocidad del viento. El perfil corriente arriba es la línea recta de la izquierda; el perfil en la cima de la colina es la línea de la derecha. Las dos longitudes L y ℓ se definen en la Fig. 3.6.

Como se evidencía en este ejemplo, las colinas ejercen una gran influencia en el flujo eólico, y eso hay que tenerlo en cuenta. Pero hay que tener en cuenta que cualquier cambio de altura en el terreno afecta al viento: un aumento de altura de un 5% puede producir un impacto de un 5% en el valor medio de la velocidad del viento – posiblemente a la altura del buje – resultando en un aumento de un 15% en la energía disponible. Muchas veces es difícil – y si se trata de terreno complicado es imposible – el aplicar fórmulas sencillas del tipo de las Ecs. 3.7 y 3.8 para determinar el potencial eólico en lugares concretos. Es por eso que hay que aplicar en la mayoría de los casos, un modelo numérico para hacer todos estos cálculos.

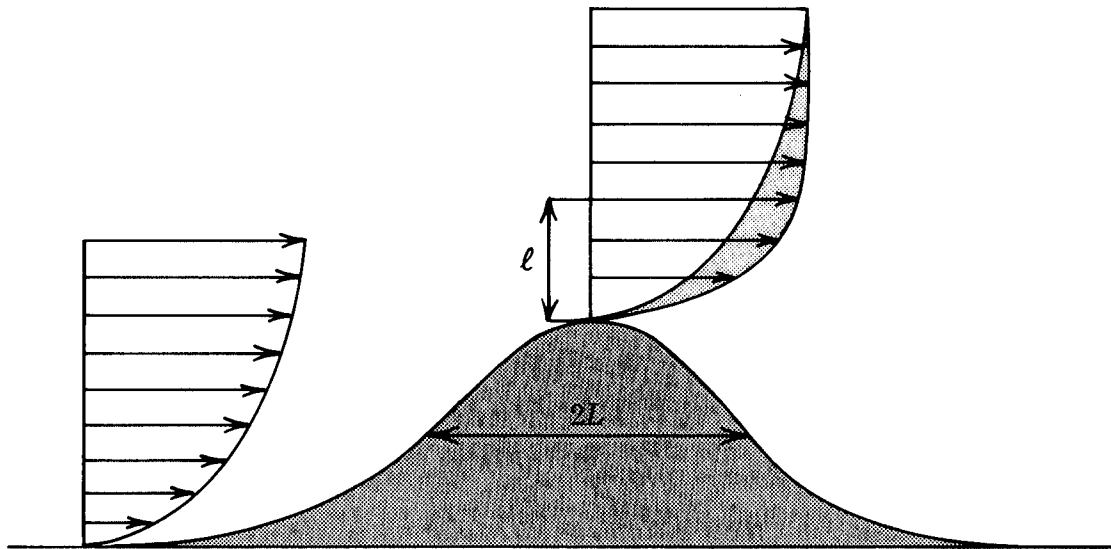


Figura 3.6. Flujo eólico a lo largo de una colina ideal con los perfiles verticales corriente arriba y en la cima. Se señalan las dos longitudes características: L es la longitud que caracteriza la colina definida como – según la nomenclatura tradicional – la mitad de la anchura cuando la altura es igual a la mitad de su valor máximo; l es la altura para el incremento máximo de la velocidad del viento.

Un ejemplo puede ser el de la estación portuguesa de Bragança, cuya perspectiva orográfica se muestra en la Fig. 3.7. Los cambios en el perfil vertical del viento para cada uno de los sectores de dirección se dan en la Tabla 3.2 y fueron calculados con el modelo orográfico del Atlas, descrito en el Capítulo 8.

En algunos casos, el significado exacto del término “altura encima del nivel del suelo” no es evidente. Como ejemplo, consideremos un aerogenerador en una pequeña colina: si la altura de la colina es muy pequeña comparada con la del buje y sube muy empinada, la colina puede ser considerada como un cimiento para el aerogenerador que se añade a la altura del buje. Pero si las dimensiones vertical y horizontal de la colina son superiores, la situación cambia y la altura a considerar es a partir de la cima de la colina.

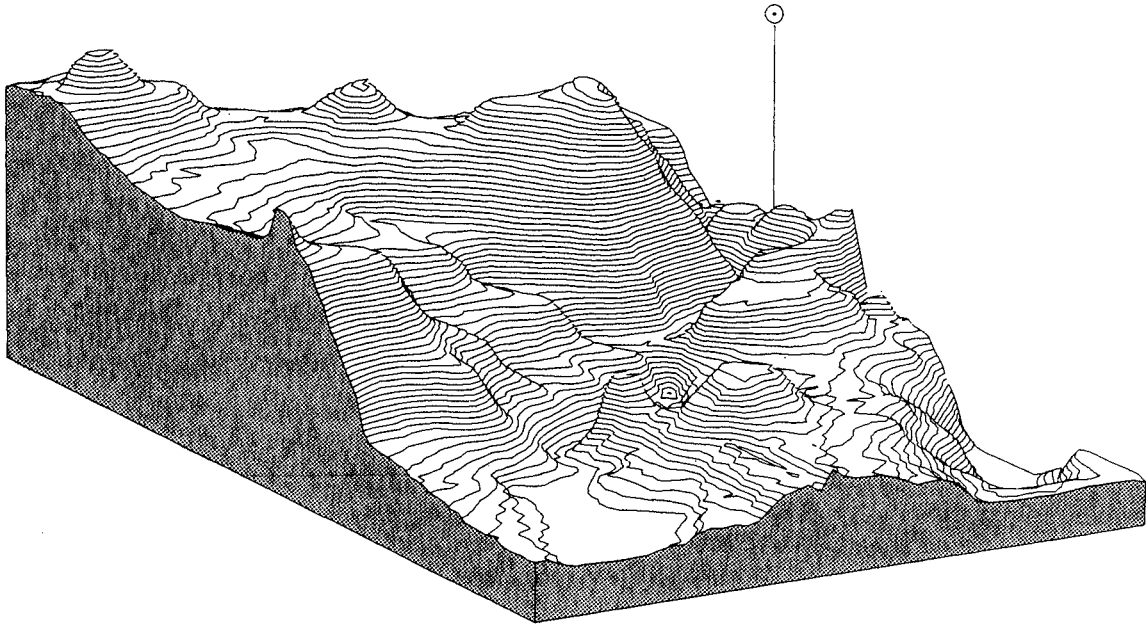


Figura 3.7. Perspectiva de la orografía del entorno de la estación portuguesa de Bragança.

Sector

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
10	120	75	21	27	84	124	120	75	21	29	90	124
	-8	-19	-11	14	18	6	-8	-19	-11	15	19	6
25	68	35	8	14	47	71	68	39	8	14	49	71
	-7	-14	-6	10	13	4	-7	-14	-6	10	13	4
50	42	22	3	7	29	45	42	22	3	7	29	45
	-5	-10	-4	7	9	3	-5	-10	-4	7	10	3
100	22	9	0	2	15	20	22	9	0	2	15	25
	-4	-6	-2	5	6	1	-4	-6	-2	5	6	1
200	8	1	-2	0	7	10	8	1	-2	0	7	10
	-2	-3	0	3	3	0	-2	-3	0	3	3	0

Tabla 3.2. Resultados del modelo para la estación de Bragança, correspondientes al modelo orográfico. Para cada uno de los sectores de dirección y para las cinco alturas de referencia, la tabla da los valores del incremento y la disminución de la velocidad en tanto por ciento (primera línea) así como el cambio de la dirección del viento en grados (segunda línea).

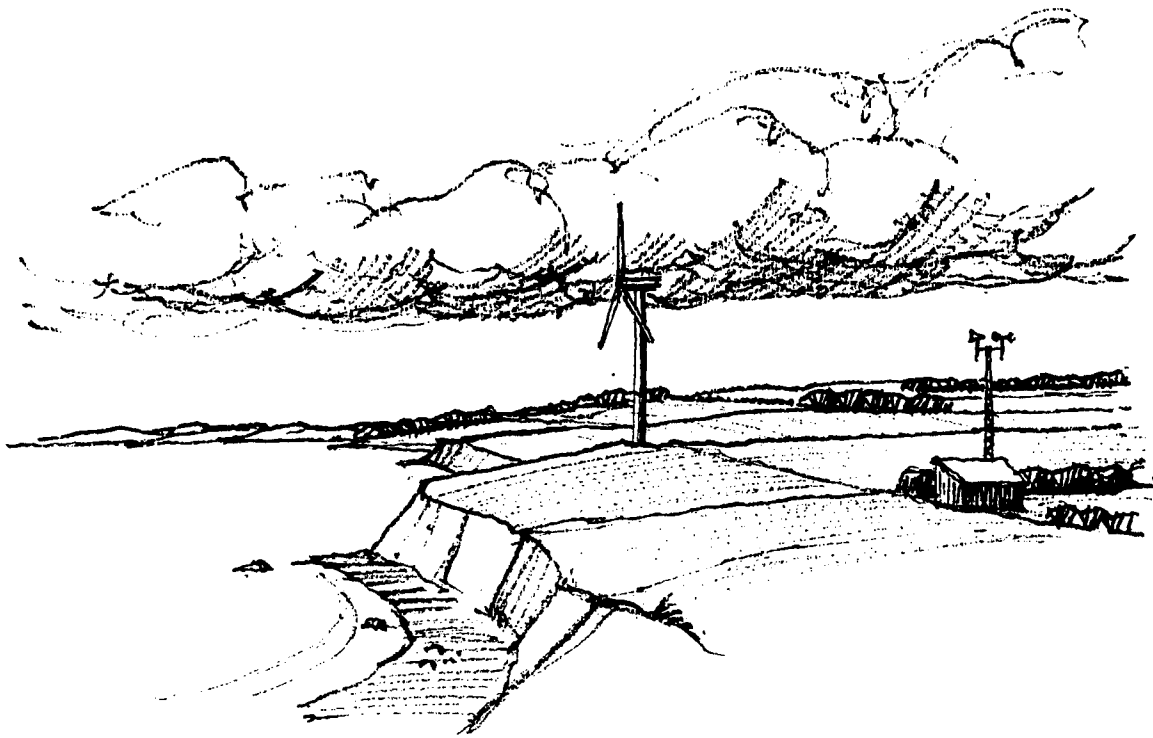


Figura 3.8. Aerogenerador en un desfiladero.

Otro ejemplo sería el de la Fig. 3.8 en donde se ha instalado un aerogenerador cerca de un desfiladero. Para vientos procedentes del mar, parece que pueda usarse la altura correspondiente a la distancia desde el mar hasta el buje. Pero esto no es cierto, porque el viento ha sido influenciado por el escarpado mucho antes de sobrevolar la tierra, y por lo tanto, la altura que nos importa es la que está por encima del suelo.

Capítulo 4

Recursos regionales de energía eólica

Valorar los recursos de energía eólica en una región significa estimar la potencia media extraíble del viento por una gran cantidad de aerogeneradores distribuidos a lo largo de ella. Estudios de este tipo pueden realizarse a niveles muy distintos de sofisticación. Teóricamente, debería basarse en el emplazamiento detallado de un gran número de aerogeneradores específicos.

Un ejemplo de un estudio de valoración energética muy detallado se muestra en la Fig. 4.1. El objetivo del estudio era el de calcular cuantos aerogeneradores de 50-m podían instalarse en Dinamarca. La clasificación se señaló en 100 mapas a escala 1:50 000 cubriendo todo el país. Además del objetivo global, estaba el de identificar emplazamientos concretos para aerogeneradores así como para parques eólicos.

Evidentemente, el detallar en los mapas las distintas clases de rugosidad tal y como se muestra en la Fig. 4.1, representa una cantidad enorme de trabajo cuando se trata de grandes regiones. Por lo tanto, no se pueden tener en cuenta todos los detalles, cuando de recursos eólicos a nivel regional se trata.

4.1 Uso de los mapas de recursos de energía eólica

Los mapas de recursos de energía eólica en el Capítulo 2 muestran la variación de los recursos eólicos a través de grandes áreas. En las áreas no demasiado complicadas, los mapas pueden ser usados, junto con la tabla de la Fig. 2.3, para una valoración regional de los recursos eólicos y un cálculo de la producción de la energía media a partir de aerogeneradores.

Los mapas, juntamente con las rúbricas, dan la velocidad media del viento y la densidad de potencia media a una altura de 50 metros, para cinco condiciones topográficas distintas. A partir de las Figs. 4.2 y 4.3, es posible estimar la velocidad media del viento y la densidad de potencia media a alturas entre 10 y 200 metros por encima de un terreno homogéneo, para cada una de las cuatro clases diferen-



Figura 4.1. Ejemplo de mapa clasificado según valores de rugosidad en donde se han marcado los cinturones resguardantes, los grupos de árboles, granjas, pueblos, y plantaciones. El mapa cubre una área de aproximadamente 22×28 km (Planstyrelsen, 1981).

tes de rugosidad. En las gráficas se dan los factores de conversión f_u y f_E para los valores medios de la velocidad del viento y de la potencia media respectivamente. Estos factores deben ser multiplicados por las lecturas en la Fig. 2.3 de la columna correspondiente a la clase 1 de rugosidad (Campo abierto). He aquí dos ejemplos ilustrativos del proceso a seguir:

Ejemplo 4.1 La Figura 2.3 da un valor medio para la densidad de potencia $E(50)$ de aproximadamente 300 Wm^{-2} a lo largo de un ancho llano en el norte de Alemania. Si lo que se quiere es estimar la densidad de potencia a una altura de 40 m, en la Fig. 4.2 se da un factor de conversión de 0.9, así que la densidad de potencia a 40 m se convierte en $\approx 270 \text{ Wm}^{-2}$.

Ejemplo 4.2 El mapa de recursos eólicos en Irlanda señala una densidad de potencia media de aproximadamente 500 Wm^{-2} a lo largo de un terreno de clase 1 de rugosidad. La potencia aprovechable para un aerogenerador de 50-m con un rotor de 50m de diámetro, es $500 \text{ Wm}^{-2} \times$ el área barrida por el rotor $\approx 980 \text{ kW}$, que corresponde a 8.6 GWh/año aproximadamente.

De todas formas, un aerogenerador no puede aprovechar toda la energía del viento. Consideraciones aerodinámicas nos llevan a un valor teórico máximo de eficiencia de un 59 por ciento, valor al que se le suele llamar *límite de Betz* (Betz, 1920). En la

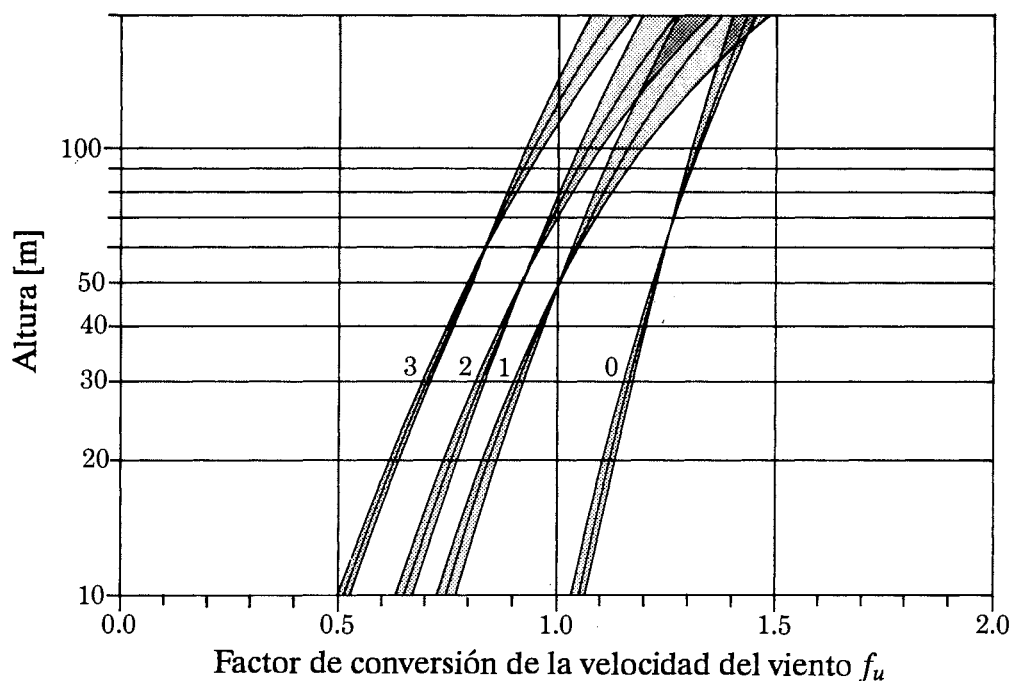


Figura 4.2. Factores de conversión de la velocidad media, f_u . Usar juntamente con los mapas de recursos de energía eólica en el Capítulo 2 para estimar la velocidad media del viento en alturas entre 10 y 200 metros por encima de terreno homogéneo para una de las cuatro clases distintas de rugosidad. El valor de referencia (50 metros, clase 1 de rugosidad) se indica con un círculo. Las sombras indican incertidumbre debido a las diferencias climáticas a lo largo de Europa.

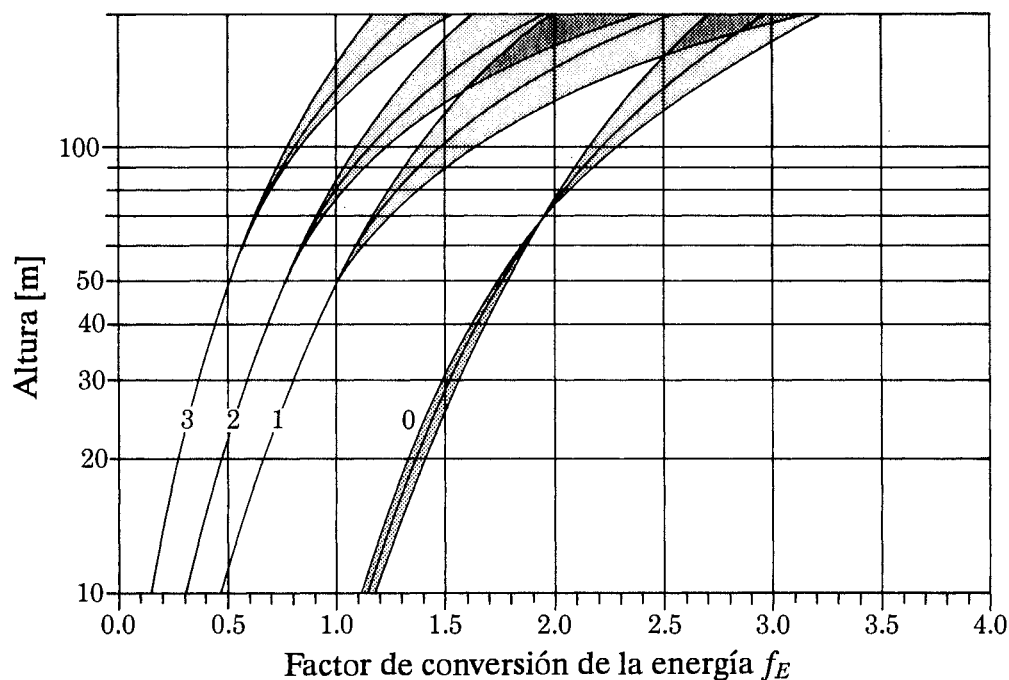


Figura 4.3. Factores de conversión de la energía media f_E . Usar juntamente con los mapas de recursos de energía eólica en el Capítulo 2 para estimar la densidad de potencia media en alturas entre 10 y 200 metros por encima de terreno homogéneo para una de las cuatro clases distintas de rugosidad. El valor de referencia (50 metros, clase 1 de rugosidad) se indica con un círculo. Las sombras indican incertidumbre debido a las diferencias climáticas a lo largo de Europa.

práctica, este valor se reduce a sólo un 20–30 por ciento de la energía disponible; un valor razonable en el momento de hacer estimaciones es de un 25 por ciento. Así, la producción media de energía estimada para este caso es de 2.2 GWh/año.

Cuando los mapas se utilizan para evaluaciones en zonas costeras o montañosas, hay que tomar precauciones especiales, como las que se indican a continuación.

Zonas costeras

Cuando el viento sopla de mar a tierra, o viceversa, son fundamentalmente dos los factores que afectan a los recursos de energía eólica, sean: el cambio de la rugosidad superficial y el de las propiedades térmicas de la superficie. Lejos de la costa, la climatología eólica es, o bien marítima o bien continental, pero en ella es una mezcla de las dos. La anchura de la zona costera varía con el clima y la topografía. El Atlas Eólico toma como valor medio una anchura de 10 km para cada lado de la línea de costa.

Las Figuras 4.4 y 4.5 muestran la variación de densidad de energía media a una altura de 50 metros, calculada para dos zonas costeras distintas. La variación se da en función de la distancia desde la costa. Se han tomado para el ejemplo, una costa en el Mar del Norte en los Países Bajos y una costa en el Mar Mediterráneo en Francia. Generalmente, la forma de las curvas depende tanto de la posición y orientación geográficas como de la clase de rugosidad del terreno costero. Las condiciones específicas de una costa en concreto pueden estimarse a partir de los cálculos del emplazamiento de un aerogenerador, tal y como se verá en el siguiente capítulo.

En el primer ejemplo, el de la costa del Mar del Norte en los Países Bajos, se ve como la adaptación del viento a condiciones de mar abierto necesita unos ≈ 10 km, mientras que, para el caso contrario, la adaptación a condiciones de tierra se da de una forma más brusca, con sólo unos ≈ 4 km. El segundo ejemplo se centra en dos líneas de costa del Mediterráneo en Francia, en una zona fuertemente influenciada por el Mistral. Las dos líneas de costa son, respectivamente, perpendicular y paralela a la dirección del Mistral.

Un fenómeno común para muchas zonas de la costa es el de las brisas tierra/mar. La *brisa marina* es un viento local que sopla de mar a tierra, causado por la diferencia de temperatura cuando el mar es más frío que la tierra de alrededor. Por lo tanto, es un viento que suele soplar en los días soleados y calmas de verano. La *brisa terrestre* es el caso contrario, generalmente más suave y por las noches. Debido a las velocidades bajas del viento que las brisas marinas/terrestre llevan asociadas, este fenómeno es de poca importancia en cuanto a la energía eólica en las zonas costeras.

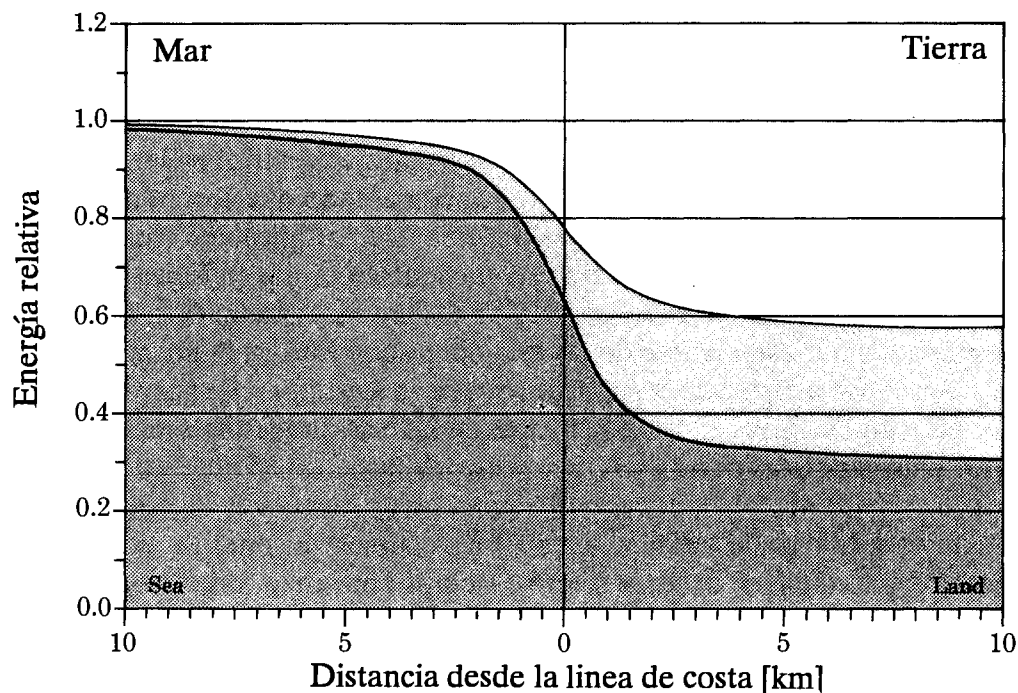


Figura 4.4. Densidad de energía media para una altura de 50 m, calculada en función de la distancia a la costa del Mar del Norte en los Países Bajos para dos terrenos de distinta rugosidad. La costa se orienta SW-NE y el terreno es de rugosidad de clase 1 (línea superior) y de rugosidad de clase 3 (línea inferior), respectivamente.

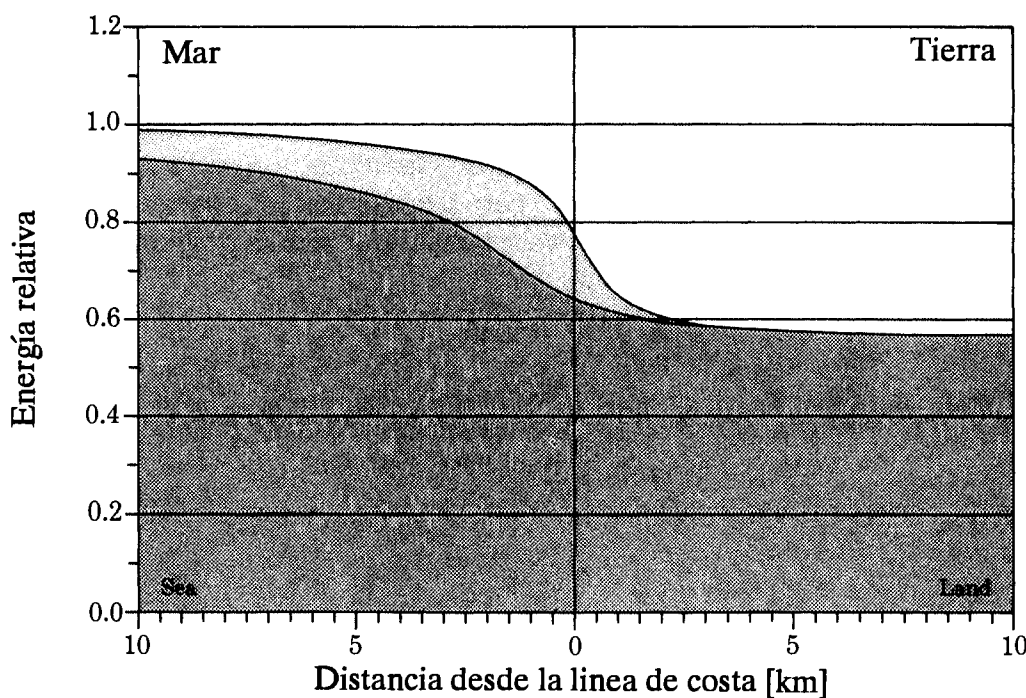


Figura 4.5. Densidad de energía media para una altura de 50 m, calculada para dos líneas de costa en función de las distancias al Mar Mediterráneo, en Francia. Las dos líneas de costa están situadas en la región influenciada por el Mistral; una en la dirección perpendicular (línea inferior) y la otra paralela (línea superior) a la dirección del Mistral. El terreno es de rugosidad de clase 1.

Zonas montañosas

La relación entre los distintos niveles del relieve mostrados en los mapas de recursos de energía eólica y los cinco diferentes tipos de paisaje descritos en las Figs. 1.6–1.10, fue ya especificada en el Capítulo 2. Fue ya comentado que los mapas pueden ser aplicables directamente a los paisajes del tipo 1 y 2, aplicables con cuidado para los anchos llanos o anchos valles que se encuentran en los paisajes 3 y 4, pero no aplicables en absoluto a los paisajes del tipo 5. Para este último tipo, hay que buscar una estación en las estadísticas de las estaciones que esté en la misma región y que pueda considerarse típica de la situación que se va a estudiar. Se aconseja también el buscar estaciones típicas en las estadísticas de las estaciones antes de usar los mapas para los paisajes de los tipos 3 y 4.

Como regla general, la estimación de los recursos de energía eólica en zonas con colinas y montañas, debería hacerse siempre por medio del modelo numérico orográfico. Ejemplos del cálculo de los recursos eólicos para terreno con colinas se dan en el siguiente capítulo, en la Sección 5.4.

La Figura 4.6 representa una perspectiva de la ubicación de la estación francesa de Mont Aigoual en el Massif Central. Las estadísticas que se derivan de esta estación y de otras similares son difíciles de aplicar en cuanto a la valoración regional de recursos eólicos se refiere, a no ser que se utilicen como indicadores de los recursos en lugares concretos de entornos similares.

La orografía favorece el fenómeno de los vientos locales, como los föhns, los vientos entre valle y montaña, vientos en desfiladeros, y vientos catabáticos. Según su magnitud y frecuencia, pueden o no representar un aporte importante para los recursos energéticos. De todas formas, antes de intentar utilizar este tipo de recursos, se aconseja el tomar medidas de viento para evaluar el valor esperado de los recursos eólicos, ya que generalmente, las voces populares suelen exagerar la frecuencia de ocurrencia de vientos fuertes.

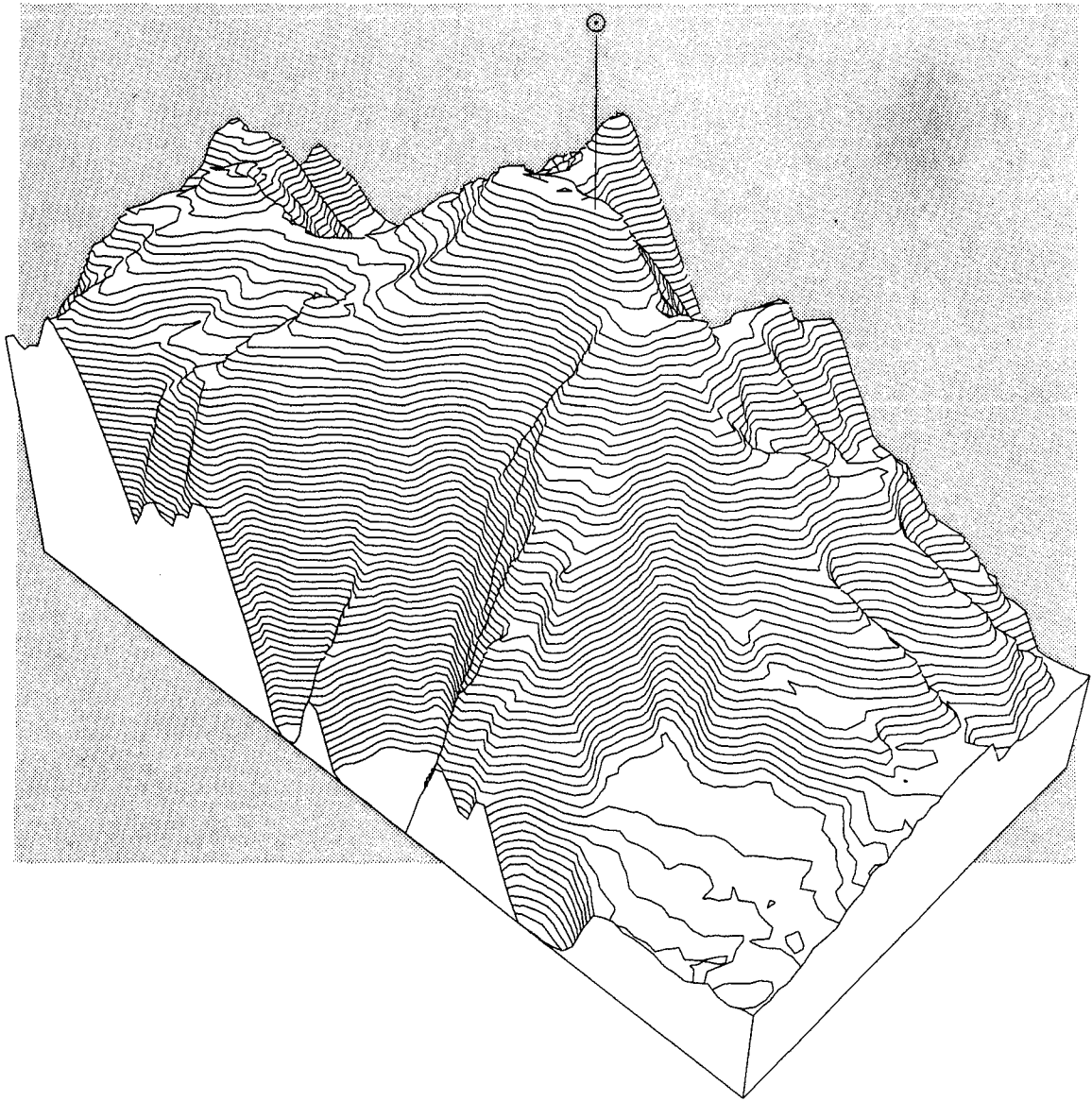


Figura 4.6. Perspectiva de la estación Mont Aigoual en Francia.

Capítulo 5

Estudio del emplazamiento de un aerogenerador

En el contexto de este Atlas, el estudio del emplazamiento de un aerogenerador se define como *la estimación de la energía media producida por un determinado aerogenerador en uno o más lugares específicos.*

Un estudio completo de emplazamiento, comprende los siguientes procesos:

- selección de la climatología eólica regional adecuada
- determinar la influencia de la rugosidad de los alrededores
- determinar el resguardo por los obstáculos vecinos.
- determinar el efecto de la orografía local.
- calcular la distribución de Weibull resultante.
- calcular la energía media a partir de la distribución de Weibull y de la curva de potencia del aerogenerador.

5.1 Selección de la climatología eólica para un emplazamiento

La selección de la climatología eólica regional apropiada a un determinado lugar consiste en seleccionar la estadística de una de las estaciones analizadas.

Es preferible buscar una estación cuyo entorno topográfico sea similar al lugar que nos ocupa. Esta consideración es particularmente importante en zonas montañosas y en la costa. La estación escogida debería estar a no más de 100 km del lugar que se va a tratar.

Las predicciones energéticas para lugares en el terreno del tipo 5 no pueden ser muy precisas, y se recomienda que este lugar y la estación escogida estén en terrenos muy parecidos entre sí. Y como ya se ha indicado previamente, el emplazamiento en terreno de colinas o montañoso, sólo puede hacerse por medio de cálculo numérico en ordenador con el modelo orográfico.

La calidad de las estadísticas de una estación puede juzgarse a partir de la información dada en las estadísticas de las estaciones:

- la descripción de las condiciones locales dada para cada estación.
- el resumen de los datos básicos.
- las huellas climáticas del viento.

Las descripciones deben indicar los problemas con la calidad de los datos si los hubo, por ejemplo, que las medidas fueron tomadas en la cubierta de un edificio con obstáculos resguardantes en su entorno.

El resumen de los datos básicos puede reflejar algunas anomalías: una canalización de la corriente se ve por las altas frecuencias de aparición en una dirección determinada y, muy a menudo, en dos direcciones opuestas. Como ejemplo, la estación en UK de Fort Augustus, en la que las estadísticas muestran claramente el efecto del Great Glen Valley en la corriente. Otra anomalía clara es la que se encuentra en una estación muy resguardada, lo que da frecuencias muy altas para las velocidades inferiores a 1 m s^{-1} .

Las huellas climáticas del viento pueden ser usadas para juzgar si ciertas características – como las variaciones diarias y anuales – son coherentes con la climatología del lugar. La gráfica para las medias mensuales a lo largo de los períodos de medida debe indicar, si la hay, una determinada tendencia en las series de datos.

Si es posible, hay que evitar el tratar con estaciones muy resguardadas en el momento de seleccionar un determinado emplazamiento para un aerogenerador. En lugares en donde es muy claro el efecto canalizador de la orografía en el viento, una posibilidad es la de usar una estación radiosonda. Un ejemplo de eso se puede ver en el Capítulo 9 (Tabla 9.1), en donde las estadísticas del radiosonda en la estación de Stornoway se usan para predecir la climatología eólica en la estación de Fort Augustus.

En el Capítulo 9 se comparan estaciones que se considera deberían ser representativas de la misma climatología eólica. Los resultados pueden usarse para juzgar la aplicabilidad o no de la estación para el estudio del emplazamiento de aerogeneradores en una determinada región.

5.2 Clasificación de la rugosidad y cálculo de las estadísticas para un emplazamiento

La clasificación de la rugosidad del terreno en un determinado lugar consiste en asignar los parámetros de aspereza o las clases de rugosidad correspondientes a los distintos tipos de superficie circundantes. Primero se divide el horizonte en doce sectores de 30 grados cada uno, y se hace entonces la clasificación sector por sector. Si se hace la clasificación en términos de las clases de rugosidad, las distribuciones de Weibull correspondientes se encuentran en las estadísticas regionales seleccionadas. Si el terreno tiene la misma clasificación para cada uno de los sectores, las estadísticas se obtienen directamente de la columna *Total*. Pero lo más corriente es que las rugosidades de la superficie varíen de un sector a otro, y entonces hay que buscar una estadística para cada sector con su clase de rugosidad correspondiente. Después, hay que agrupar las estadísticas de cada sector para hacer la estadística combinada total, es decir, una función de distribución de Weibull para el lugar determinado. En la siguiente sección se dan los métodos para determinar tanto el cambio de la clase de rugosidad de un sector a otro como el cambio en un mismo sector.

Si se ha seleccionado un parámetro de aspereza, y éste no corresponde a ninguna clase de rugosidad (clase 1: $z_0 = 0.03$ m, clase 2: $z_0 = 0.10$ m, clase 3: $z_0 = 0.40$ m), entonces, los parámetros de Weibull se obtienen de la interpolación o extrapolación de los valores de las tablas. Esto funciona para la asignación de rugosidad en *tierra*. La clase 0 de rugosidad ($z_0 = 0.0002$ m) se refiere a condiciones en *superficies de agua*: si a una superficie en tierra se le asigna un valor del parámetro de aspereza menor que el correspondiente a la clase 1 de valor 0.03 m, los parámetros de la distribución de Weibull se encuentran por extrapolación usando los valores de las clases 1 y 2. Para rugosidades mayores que 0.4 m, los parámetros de Weibull se buscan por extrapolación usando valores de las clases 2 y 3. Para el parámetro de aspereza z'_0 escogido, se calcula un factor de ponderación W según:

$$W = \frac{\ln(z_{0b}/z'_0)}{\ln(z_{0b}/z_{0a})} \quad (5.1)$$

en donde $z_{0a} = 0.03$ y $z_{0b} = 0.10$ m si $z'_0 < 0.10$ m, y $z_{0a} = 0.10$ m y $z_{0b} = 0.40$ m si $z'_0 > 0.10$ m. Los parámetros de Weibull son entonces:

$$\begin{aligned} A' &= WA_a + (1 - W)A_b \\ k' &= Wk_a + (1 - W)k_b \\ f' &= Wf_a + (1 - W)f_b \end{aligned} \quad (5.2)$$

en donde los subíndices a y b se refieren a los valores de las tablas para las rugosidades z_{0a} y z_{0b} , respectivamente. Igualmente, la interpolación y extrapolación para alturas distintas de las consideradas en las tablas, se puede hacer usando las Ec. 5.2 con $W = \ln(z_b/z)/\ln(z_b/z_a)$, en donde los subíndices a y b se refieren a dos alturas de las tablas z_a y z_b , siendo z_b la mayor de las dos.

Cálculo de la densidad media de energía

La energía media del viento en zonas con una rugosidad determinada se puede sacar directamente a partir de los mapas de recursos eólicos en el Capítulo 2. Se vió en el Capítulo 4 como se podían usar estos mapas para la valoración de los recursos eólicos regionales. De todas formas, para valoraciones locales, como por ejemplo una comparación entre dos emplazamientos distintos en una región, es necesario hacer los cálculos usando las estadísticas de la estación apropiada.

La densidad de energía media en el viento E , que es el flujo de la energía cinética media por unidad de sección perpendicular a la corriente, se calcula por (ver Capítulo 8):

$$E = \frac{1}{2} \rho u^3 \quad (5.3)$$

en donde ρ es la densidad media¹ del aire, y u^3 es el valor medio del cubo de la velocidad del viento. En términos de los parámetros de Weibull A y k , la energía media se puede expresar como:

$$E = A^3 F_E(k) \quad (5.4)$$

La función $F_E(k)$ está tabulada en el Apéndice B, Tabla B.2, con lo que E se puede calcular para cada uno de los sectores de dirección. La energía media total se puede pues calcular como la media ponderada:

$$E = f_1 E_1 + f_2 E_2 + \dots + f_{12} E_{12} \quad (5.5)$$

en donde f_1, f_2, \dots, f_{12} son las frecuencias de aparición para cada uno de los sectores, y E_1, E_2, \dots, E_{12} son las energías medias en cada uno de los doce sectores calculados según la Ec. 5.4.

En las situaciones en las que las clases de rugosidad no son las mismas en todos los sectores, la suma de las frecuencias tal y como se obtienen de las estadísticas de las estaciones, no es exactamente del 100%. Eso se debe a que el ángulo entre el viento geostrófico y la superficie del viento depende de la rugosidad superficial, tal y como se describe en el Capítulo 8. La desviación es muy pequeña y puede a menudo ser despreciada. En los siguientes ejemplos se tiene esto en cuenta con la normalización:

$$E = \frac{\sum f_i E_i}{\sum f_i} \quad (5.6)$$

¹Sería más exacto dar a ρ el valor de $\overline{\rho u^3}/\overline{u^3}$, en donde la barra significa un promedio temporal. Los valores típicos de ρ para unos valores dados de temperatura y altitud se dan en el Apéndice B, Tabla B.1.

Ejemplo 5.1 Calcular la densidad de energía media a 50 metros de altura, en un lugar de la costa noroeste de Los Países Bajos. La información necesaria puede sacarse de las estadísticas de la estación de *Eelde* y se resume en la Tabla 5.1.

Tabla 5.1. Método para el cálculo de la densidad de energía media.

Sector	cl.R.	A	k	f	E
1	0	8.7	2.58	5.6	436
2	0	8.0	2.47	6.5	348
3	0	9.3	2.25	7.7	587
4	1	7.3	2.40	9.0	270
5	1	6.6	2.38	6.8	201
6	1	6.7	2.22	5.6	222
7	1	8.1	2.14	8.7	405
8	1	8.9	2.27	12.3	511
9	1	8.7	2.31	14.4	470
10	0	10.4	2.22	11.2	830
11	0	9.6	2.14	7.7	674
12	0	9.5	2.49	6.1	580

$$E = \frac{\sum f_i E_i}{\sum f_i} = \frac{489}{1.02} = 479 \text{ Wm}^{-2}$$

En el ejemplo 5.2 de la sección siguiente se comparará esta estimación con la correspondiente a la obtenida a partir de cuatro estaciones holandesas de los alrededores.

Cálculo de los parámetros de Weibull

Los parámetros de Weibull para el caso en que las rugosidades de la superficie no son las mismas para todos los sectores, pueden calcularse usando los valores medios y los valores cuadráticos medios:

$$M = A \cdot \Gamma \left(1 + \frac{1}{k} \right) \tag{5.7}$$

$$u^2 = A^2 \cdot \Gamma \left(1 + \frac{2}{k} \right)$$

en donde M es el valor medio, u^2 el valor cuadrático medio en una distribución de Weibull de parámetros A y B , y Γ es la función gama, cuya definición se halla en la Sección 8.6. Usando estas ecuaciones, pueden encontrarse M y u^2 para cada uno de los sectores de dirección. Los valores totales de la distribución se obtienen de la suma ponderada:

$$M = f_1M_1 + f_2M_2 + \dots + f_{12}M_{12} \quad (5.8)$$

$$u^2 = f_1u_1^2 + f_2u_2^2 + \dots + f_{12}u_{12}^2$$

Los parámetros de Weibull correspondientes a la distribución total se pueden estimar usando las expresiones:

$$\frac{M^2}{u^2} = \frac{\Gamma^2\left(1 + \frac{1}{k}\right)}{\Gamma\left(1 + \frac{2}{k}\right)} \quad \text{y} \quad M = A \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right) \quad (5.9)$$

en donde A y k representan ahora los parámetros de la distribución total. Para facilitar en el caso de aplicaciones prácticas, las soluciones de estas ecuaciones están tabuladas en el Apéndice B, Tablas B.5 y B.6. Asimismo, la función gama también está tabulada en las Tablas B.3 y B.4 para sus valores más habituales.

El método para determinar los parámetros de Weibull para la distribución total puede resumirse en los pasos siguientes:

1. Determinar A , k , y f para cada sector.
2. Determinar $F_M(k)$ a partir de la Tabla B.3, también para cada sector; multiplicar por el valor correspondiente de A en cada sector para obtener M_1, M_2, \dots, M_{12} .
3. Determinar u^2 para cada sector (es decir, $u_1^2, u_2^2, \dots, u_{12}^2$) para lo que $F_u(k)$ se obtiene de la Tabla B.4 y con ello $u^2 = A^2 \cdot F_u(k)$.
4. Calcular la media ponderada de los valores medios y de los valores cuadráticos medios para obtener el valor medio M y el valor cuadrático medio u^2 de la distribución total.
5. Calcular M^2/u^2 y usar este valor en la Tabla B.5 para obtener el valor de k de la distribución total.
6. Utilizando el valor de k obtenido en el paso anterior y la Tabla B.6 se obtiene $F_A(k)$, y con la M anteriormente calculada se obtiene la A de la distribución total por $A = M/F_A(k)$.

Estos cálculos se pueden realizar fácilmente, tal y como se ilustra en los siguientes ejemplos.

Ejemplo 5.2 Considerando la misma situación que en el ejemplo anterior, calcular los parámetros de Weibull para la distribución de la velocidad del viento.

La información que se obtiene de las estadísticas de la estación de *Eelde* se encuentra tabulada en la Tabla 5.2 y posteriormente se desarrolla el proceso arriba especificado.

Tabla 5.2. Esquematación del cálculo de los parámetros de Weibull de la distribución total.

Sector	R.cl.	A	k	f	M	u^2
1	0	8.7	2.58	5.6	7.7	70.0
2	0	8.0	2.47	6.5	7.1	59.8
3	0	9.3	2.25	7.7	8.2	82.9
4	1	7.3	2.40	9.0	6.5	50.1
5	1	6.6	2.38	6.8	5.9	41.1
6	1	6.7	2.22	5.6	5.9	43.2
7	1	8.1	2.14	8.7	7.2	63.9
8	1	8.9	2.27	12.3	7.9	75.7
9	1	8.7	2.31	14.4	7.7	71.9
10	0	10.4	2.22	11.2	9.2	104.1
11	0	9.6	2.14	7.7	8.5	89.8
12	0	9.5	2.49	6.1	8.4	84.1

$$M = \frac{\sum M_i f_i}{\sum f_i} = \frac{7.74}{1.02} = 7.6$$

$$u^2 = \frac{\sum u_i^2 f_i}{\sum f_i} = \frac{72.8}{1.02} = 71.4$$

$$\frac{M^2}{u^2} = 0.809$$

$$k = F_k(0.809) = 2.17 \quad (\text{Tabla B.5})$$

$$A = M \cdot F_A(2.17) = 8.6 \quad (\text{Tabla B.6})$$

Ahora se puede usar la Tabla B.2 para estimar la densidad total de energía disponible:

$$E = A^3 F_E(k) = 8.6^3 F_E(2.17) = 4195 \text{ kWh m}^{-2} \text{ y}^{-1} = 479 \text{ Wm}^{-2}$$

Como era de esperar, el resultado es el mismo que el obtenido en el Ejemplo 5.1.

Usando ahora, para el mismo planteo, las estadísticas de las estaciones cercanas Schiphol, Leeuwarden y Texel, se obtienen los resultados agrupados en la Tabla 5.3. La tabla muestra como los resultados acuerdan bien.

Hay que remarcar que todo el proceso aquí descrito presupone que la distribución total de la velocidad del viento es una distribución de Weibull; así, como menor sea el parecido, menor será también la validez de los cálculos.

Tabla 5.3. Estimación de la velocidad media del viento, la densidad de energía media y los parámetros de Weibull a 50 metros de altura en la costa del Mar del Norte en los Países Bajos. El cálculo se ha hecho a partir de las estadísticas obtenidas de estaciones holandesas.

Estación	M ms^{-1}	A ms^{-1}	k	E Wm^{-2}
Eelde	7.6	8.6	2.17	479
Schiphol	7.6	8.6	2.17	480
Leeuwarden	7.8	8.8	2.16	516
Texel	7.6	8.6	1.97	524

En esta sección se ha visto como pueden calcularse los parámetros de Weibull en el caso en que la rugosidad no sea la misma en todas las direcciones. Por otro lado, no es extraño tampoco el caso en que alguno de los sectores no pueda considerarse homogéneo debido a los cambios de rugosidad que en él se encuentran a una cierta distancia del punto de interés. Para estimar los parámetros de Weibull en estos casos, se puede recurrir a un método simple que se basa en , tal y como la experiencia demuestra, la formación de una capa fronteriza interna corriente abajo y desde el cambio de rugosidad. La altura de esta capa fronteriza aumenta con la distancia al punto de cambio. Fuera de esta capa, el cambio de rugosidad no se nota, y la velocidad del viento se determina aquí con la rugosidad de la región corriente arriba. En el interior de la capa, la velocidad del viento depende tanto de la rugosidad anterior como de la posterior al cambio.

La situación con un cambio de rugosidad como el de la Fig. 5.1 es, pues, como sigue: el aire pasa de una superficie con un valor z_{01} de rugosidad superficial a otra cuyo valor es ahora z_{02} . Anterior al cambio de rugosidad y por encima de la capa fronteriza interna desarrollada, la velocidad del viento se determina por la rugosidad de la superficie corriente arriba, z_{01} . Por debajo de la altura h , y en la dirección del viento a partir del cambio de rugosidad, la velocidad del viento es la velocidad anterior al cambio modificada por un factor que depende de la altura por encima del nivel del suelo, de las dos rugosidades y de la altura h . La altura h se puede obtener de la Fig. 5.2; h debe leerse de la curva correspondiente a la mayor de las dos clases de rugosidad. h también puede determinarse a partir de la expresión:

$$\frac{h}{z'_0} \left(\ln \frac{h}{z'_0} - 1 \right) = 0.9 \cdot \frac{x}{z'_0} \quad (5.10)$$

$$z'_0 = \max(z_{01}, z_{02})$$

Si la altura del buje es superior a h , el terreno visto desde el aerogenerador puede considerarse homogéneo, y no es necesario tener en cuenta el cambio de la rugosidad superficial. En caso contrario, si la altura del buje es inferior a h , los parámetros

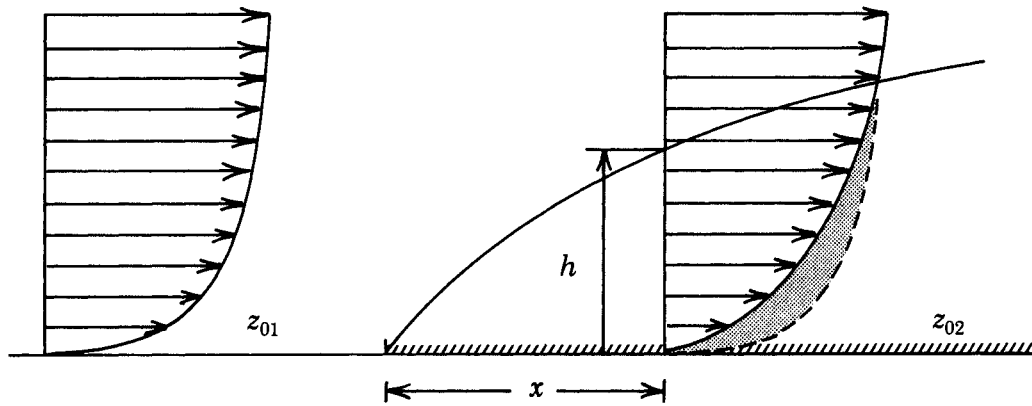


Figura 5.1. Situación idealizada del flujo eólico bajo un cambio importante de clase de rugosidad. En la figura pueden verse el perfil vertical del viento y el parámetro de aspereza z_{01} antes del cambio de clase de rugosidad y después de éste, a una distancia x según la dirección del viento del cambio con un parámetro de aspereza de z_{02} . La altura h de la capa fronteriza interna desarrollada, es función de x .

de Weibull deben modificarse para tener en cuenta los cambios en la distribución de velocidades debido al cambio de rugosidad. Recomendamos los pasos siguientes para la corrección de los parámetros:

- determinar los parámetros A y k para la rugosidad superficial anterior al cambio, z_{01} , tal y como se ha descrito ya en este capítulo.
- determinar la altura h de la capa fronteriza interna a partir de la Ec. 5.10 y de la Fig. 5.2.
- si la altura del buje es superior a h , no hay que modificar el valor de los parámetros.
- si la altura del buje es inferior a h , hay que corregir el parámetro A determinado para la rugosidad anterior al cambio de la siguiente manera:

$$A_{local(z_{02})} = A_{corriente\ arriba(z_{01})} \cdot Cor \quad (5.11)$$

$$Cor = \frac{\ln(z/z_{02}) \ln(h/z_{01})}{\ln(z/z_{01}) \ln(h/z_{02})}$$

Para los casos en los que el terreno antes del cambio de rugosidad es homogéneo pero que después del cambio se comporta como un seguido de zonas de rugosidades distintas, se puede estimar la rugosidad resultante a partir de la Tabla 5.4.

El proceso consiste en dividir cada segmento en cuatro partes de rugosidad aproximadamente igual, y la Tabla 5.4 da el parámetro de aspereza general del segmento en función del número de cuartos de cada valor del parámetro de aspereza que hay en ella.

Tabla 5.4. Parámetro de aspereza ponderado en un área, z_0^R . El área se divide en cuatro partes y cada una de ellas se clasifica según el criterio de clasificación de rugosidad del Atlas Eólico. La z_0^R se da como función del número de cuartos de cada clase de rugosidad en la zona.

Clase:	0	1	2	3	z_0^R
z_0 [m]:	0.0002	0.03	0.10	0.40	[m]
	3	1			0.001
	3		1		0.002
	3			1	0.003
	2	2			0.004
	2	1	1		0.006
	2	1		1	0.010
	2		2		0.009
	2		1	1	0.015
	2			2	0.025
	1	3			0.011
	1	2	1		0.017
	1	2		1	0.027
	1	1	2		0.024
	1	1	1	1	0.038
	1	1		2	0.059
	1		3		0.033
	1		2	1	0.052
	1		1	2	0.079
	1			3	0.117
		3	1		0.042
		3		1	0.064
		2	2		0.056
		2	1	1	0.086
		2		2	0.127
		1	3		0.077
		1	2	1	0.113
		1	1	2	0.163
		1		3	0.232
			3	1	0.146
			2	2	0.209
			1	3	0.292

Cuando se ha dividido el sector, no hay que olvidar que las áreas más cercanas al lugar en cuestión son las que más van a afectar al valor de la velocidad del viento en ellas. Usando el principio que se muestra en la Fig. 5.3, se asignan pesos altos a las áreas más cercanas si se ha obtenido previamente el mismo peso para cada una de ellas, I, II, III y IV. Así, si las áreas I, II, III y IV son de las clases 0, 1, 2 y 3, respectivamente, la rugosidad resultante que se deriva de la Tabla 5.4 es ≈ 0.04 m.

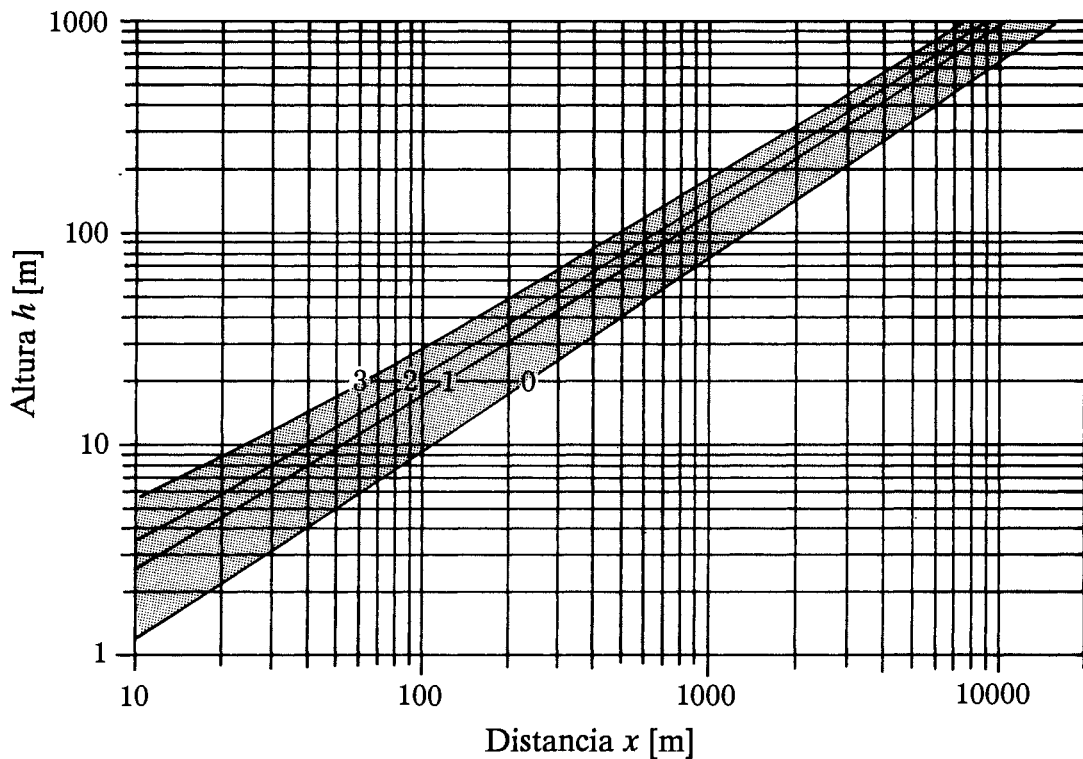


Figura 5.2. Altura de la capa fronteriza interna h como función de la distancia x al cambio de rugosidad corriente abajo, para las cuatro clases de rugosidad (0 to 3).

Ejemplo 5.3 La Figura 5.4 muestra un aerogenerador de 30 m de altura situado en campo llano y abierto a 2 km de la costa. El cambio de rugosidad se da claramente en la costa así que el parámetro de aspereza corriente arriba es de 0.0002 m. Es necesario determinar la rugosidad del segmento desde la costa hasta la distancia mínima L desde el aerogenerador a la que la rugosidad del terreno puede notarse a la altura del buje. La longitud L puede leerse de la Fig. 5.2; para un buje a 30 m de altura en terreno de clase 1, L es de 200 m. Para el segmento, la Tabla 5.4 da un parámetro de aspereza global de ≈ 0.16 m. La altura h se evalúa a partir de la Fig. 5.2 o de la Ec. 5.10 dando $h \approx 280$ m, y el factor de corrección se convierte en:

$$\text{Cor} = \frac{\ln(30/0.16) \ln(280/0.0002)}{\ln(30/0.0002) \ln(280/0.16)}$$

$$\text{Cor} \approx 0.83$$

Así, si el parámetro A a contra corriente – por encima del agua a 30 metros de altura – se determina a partir de las estadísticas de la estación y da, pongamos que 7 m s^{-1} , entonces el parámetro A a la altura del buje en el sector del segmento considerado es $7 \cdot 0.83 = 5.8 \text{ m s}^{-1}$. El parámetro k no lleva corrección.

Para situaciones en las que se dan cambios importantes y complicados de rugosidad en el terreno, se necesita hacer uso de una teoría más elaborada como la que se describe en el Capítulo 8.

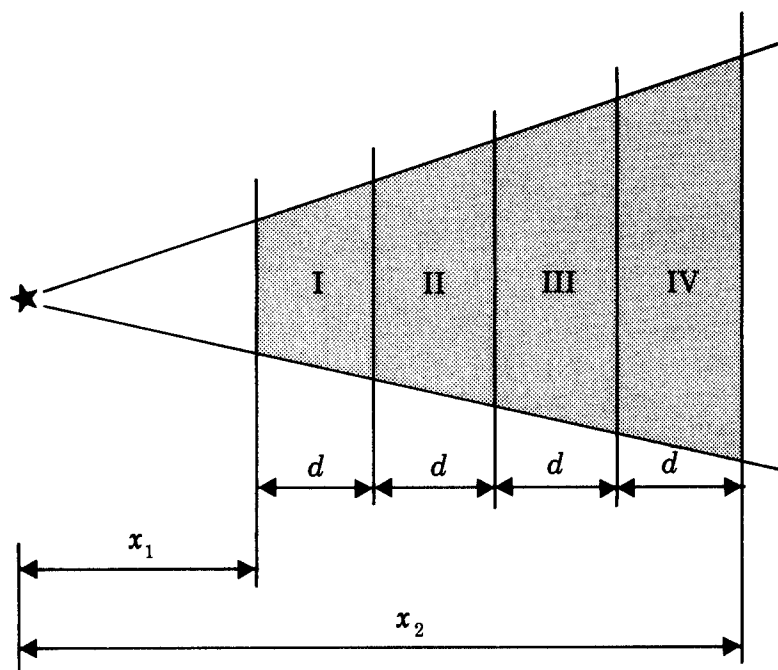


Figura 5.3. Principio de ponderación de áreas en el cálculo de la rugosidad.

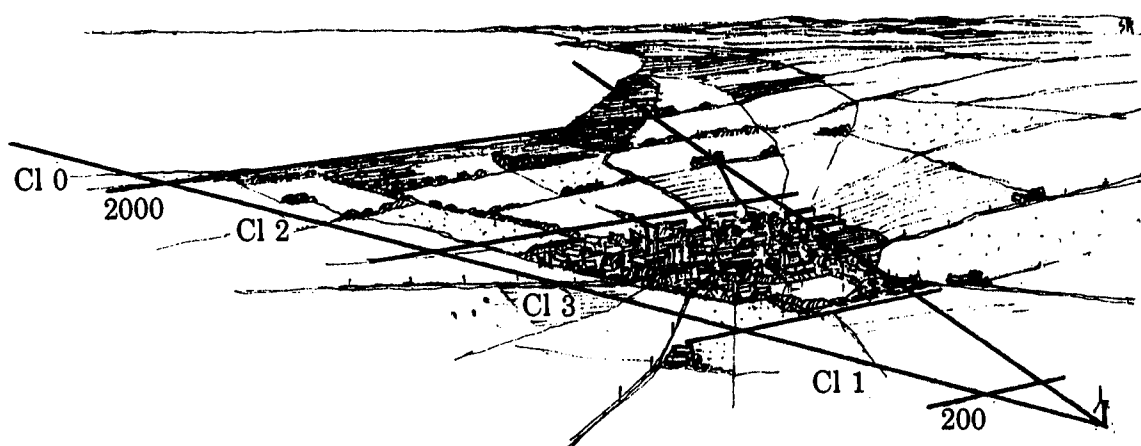


Figura 5.4. Un ejemplo de la clasificación de la rugosidad (Ejemplo 5.3).

5.3 Cálculo del resguardo

Debe evitarse el instalar aerogeneradores cerca de los edificios, porque la vida media de un aerogenerador puede ser acortada debido al movimiento perturbado del flujo en los alrededores de los edificios y además, el nivel de producción energética muy reducido. La pérdida de producción puede estimarse a partir de los principios dados en la Sección 3.2.

Ejemplo 5.4 La Figura 5.5 muestra un caso muy típico, de la presencia de una granja en uno de los sectores de dirección. El parámetro A debe reducirse en este sector con los siguientes cálculos:

distancia del aerogenerador a la casa	$x = 150$ m
altura del edificio	$h = 6$ m
altura del buje	$H = 12$ m

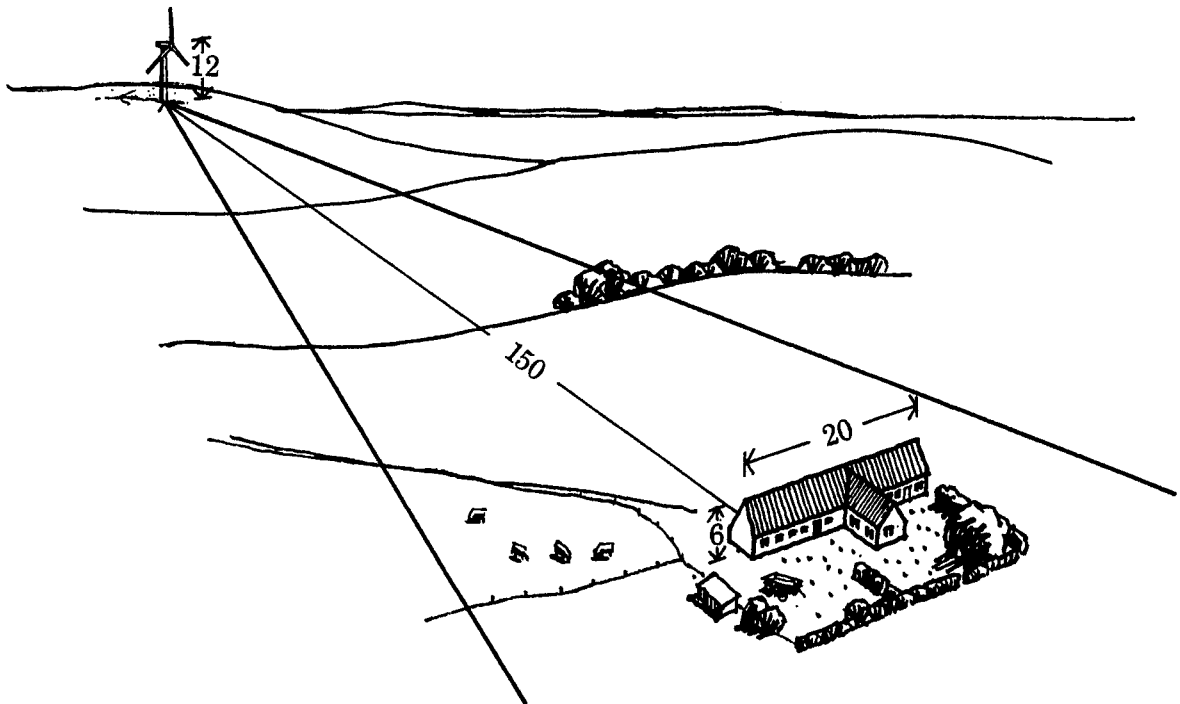


Figura 5.5. Un ejemplo de resguardo detrás de un edificio (Ejemplo 5.4).

con lo que $x/h = 25$ y $H/h = 2$, que, cuando se usan como datos de entrada en la Fig. 3.2, dan $R_1 \approx 16\%$. Esta reducción es la que corresponde a una granja de longitud infinita; la Ec. 3.4 da la reducción debida a la longitud limitada de la granja (20 metros):

$$R_2 = 2 \frac{L}{x} = 2 \frac{20}{150} = 0.27$$

Y por último, la Ec. 3.5 da el parámetro A corregido en el sector en cuestión:

$$\begin{aligned} A_{cor} &= A(1 - 0.16 \cdot 0.27) \\ A_{cor} &= 0.96 A \end{aligned}$$

El parámetro k no se corrige.

Para situaciones más complejas, en las que se encuentren muchos obstáculos en el mismo sector, es necesario el uso de procedimientos de cálculo más elaborados tal y como se describe en el Capítulo 8.

5.4 Orografía

Bien conocido es de todos el hecho de que en la cima de una colina el viento es generalmente más fuerte que en el terreno circundante. Por lo tanto, ésta debe de ser una ubicación idónea para el emplazamiento de aerogeneradores.

Para el caso sencillo de sierra perpendicular al viento, el aumento de velocidad ΔS y la altura del aumento máximo ℓ pueden calcularse según las Ecs. 3.7 y 3.8.

Si la altura del buje H no es igual a la altura ℓ , el aumento de velocidad ΔS se encuentra a partir de la altura H de la siguiente manera:

$$\Delta S_H = \begin{cases} \Delta S_\ell & \text{para } H \leq \ell \\ \Delta S_\ell \cdot \frac{\ln(H/2L)}{\ln(\ell/2L)} & \text{para } \ell < H \leq 2L \\ 0 & \text{para } 2L < H \end{cases} \quad (5.12)$$

en donde L es la mitad de la anchura de la colina tal y como se muestra en la Fig. 3.6. El efecto de colocar un aerogenerador en la cima de una colina, hay que considerarlo en el momento de calcular los parámetros de Weibull, aumentando el valor de A en los sectores en los que el viento es acelerado por la colina:

$$A_{cor} = A(1 + \Delta S) \quad (5.13)$$

El parámetro de Weibull k no lleva corrección.

Hay que recalcar el hecho de que el procedimiento se aplica sólo en lugares en la cima de sierras aisladas en las que la pendiente no supera el valor de ≈ 0.3 .

Ejemplo 5.5 Para ilustrar el procedimiento de cálculo del aumento de velocidad en una colina suave y aislada, las Figs. 5.6–5.10 muestran los resultados obtenidos

al aplicar el modelo orográfico (Capítulo 8) a la colina de Blasheval en Escocia. Las perturbaciones del flujo inducidas por esta colina fueron el tema de un estudio de Mason y King (1985). Un dibujo del relieve de la colina se muestra en la Fig. 5.6 y una perspectiva en la Fig. 5.7. En la Fig. 5.8, se muestra la velocidad relativa a una altura de 8 m por encima de la superficie para vientos de una dirección de 210° para distintas posiciones en la línea que cruza la cumbre. El aumento de velocidad previsto en la cumbre es de un 70%, y coincide con el valor observado. De la misma forma, es posible estimar el aumento de velocidad usando la Ec. 5.12: la rugosidad superficial es de 0.01 m y a partir de la Ec. 3.8 se puede estimar la altura ℓ a la que el aumento de velocidad es máximo, obteniendo para este caso 2.5 m. Se ha tomado aquí para L un valor de 230 m, según se ha deducido de la Fig. 5.6 o Fig. 5.8. Cuando se sustituyen estos valores, la Ec. 5.12 predice un 68% de aumento de la velocidad. De todas formas, esta fórmula sencilla (Ec. 5.12), sólo es válida para el caso de una única colina bien definida y aislada, y sólo para la estimación del aumento de la velocidad en la cumbre.

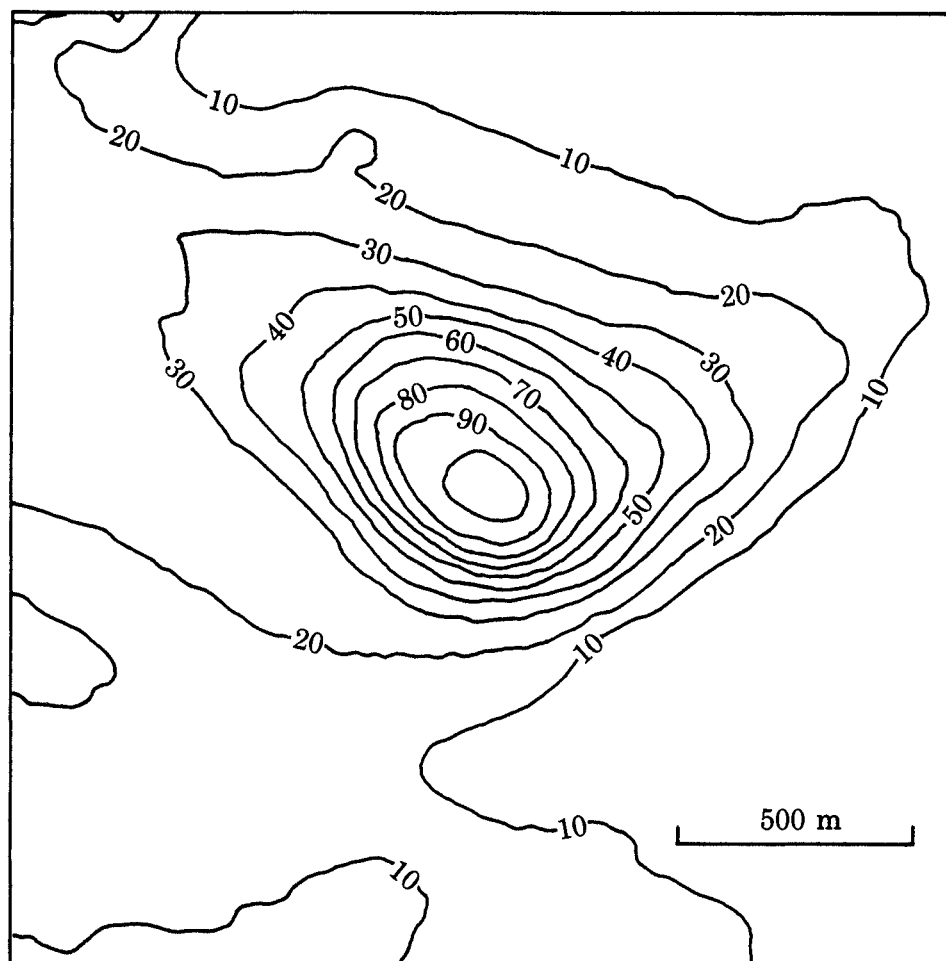


Figura 5.6. Mapa del relieve de la colina de Blasheval. Se indican las alturas por encima del nivel del mar cada 10 metros.

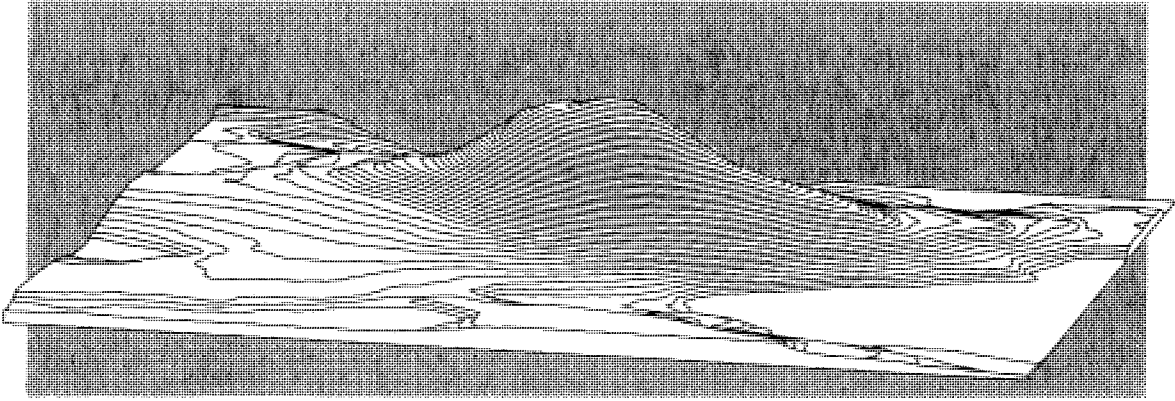


Figura 5.7. Dibujo en perspectiva de la colina de Blasheval. La vista de la colina es desde el sur. La escala vertical se ha exagerado con un factor de 5.

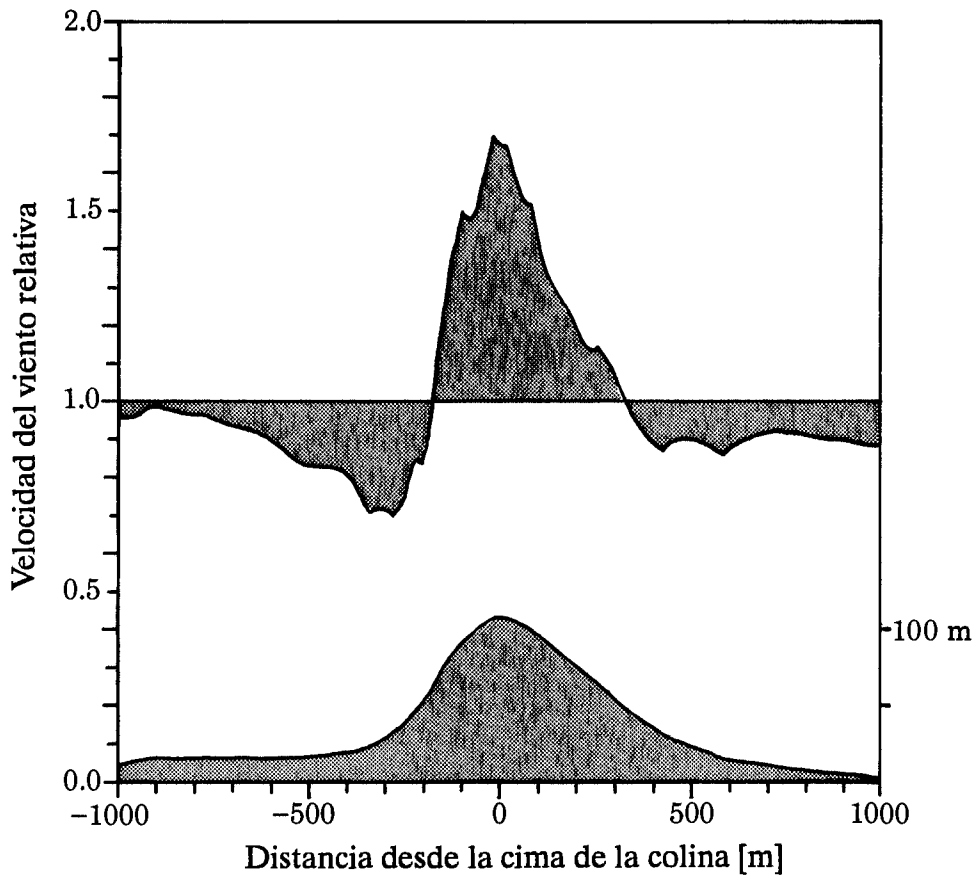


Figura 5.8. Cambios en la velocidad del viento a lo largo de una línea horizontal a través de la cumbre de la colina de Blasheval. La línea se indica en la Fig. 5.6. En el eje horizontal se señala la distancia en metros desde la cumbre. En el vertical, el factor calculado de aumento de velocidad relativo a 8 m por encima del nivel de la superficie. La gráfica inferior sombreada muestra las alturas de la sección de la colina.

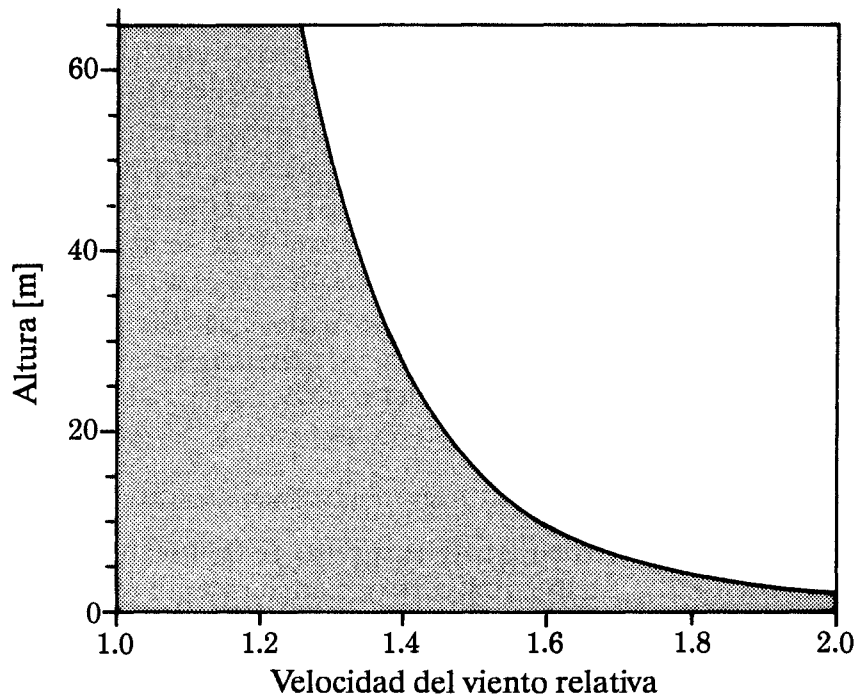


Figura 5.9. Cambios de la velocidad del viento en un perfil vertical por encima de la cumbre de la colina de Blasheval. El eje horizontal da el factor del aumento de la velocidad del viento. El eje vertical da la altura por encima del nivel de la superficie.

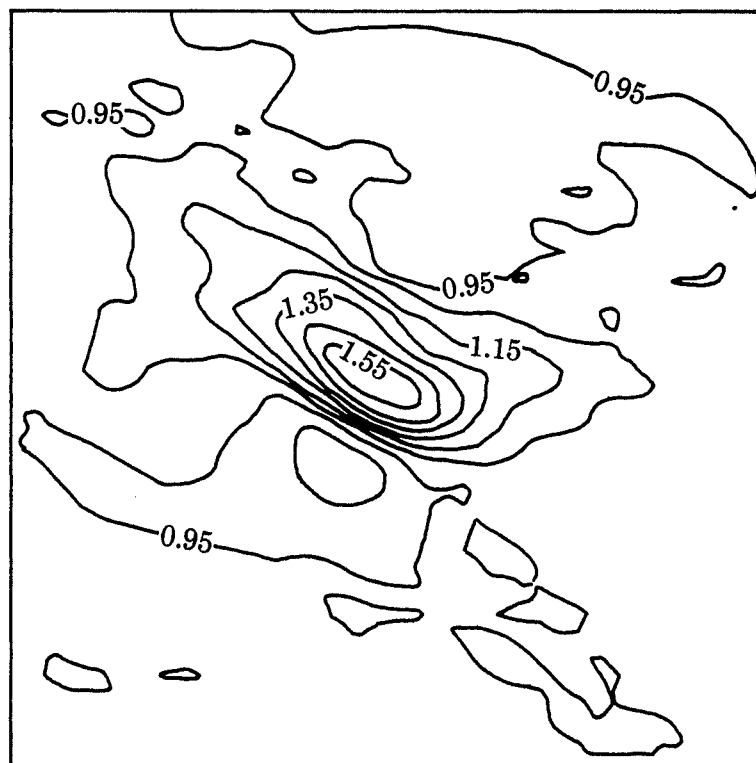


Figura 5.10. Cambios de la velocidad del viento en una zona alrededor de la colina de Blasheval. El aumento relativo de la velocidad del viento a 8 m por encima del nivel de la superficie se muestra a base de líneas de igual aumento/disminución de la velocidad. La figura ha sido dibujada a partir de los resultados obtenidos de la aplicación del modelo orográfico en cada punto de una red de 51×51 .

Un ejemplo para el caso de topografía más compleja se da en las Figs. 5.11–5.13. En la Fig. 5.11 puede verse un dibujo del relieve de los alrededores de la estación meteorológica de Burrington, UK, y en la Fig. 5.12 una perspectiva. En ambas figuras se ha dibujado una línea (la línea horizontal en la Fig. 5.11; la estación meteorológica se encuentra en la intersección de las dos líneas) a lo largo de la cuál, a 10 m por encima de la superficie y para vientos de dirección 270° se calculó el aumento de velocidad usando el modelo orográfico. Los resultados obtenidos, juntamente con el valor de la altura del terreno a lo largo de la línea, se muestran en la Fig. 5.13. El terreno es ondulado con colinas y valles y las pendientes son moderadas, lo cuál induce aumentos de velocidad del orden del $\approx 10\%$. La figura muestra la importancia del emplazamiento cuidadoso incluso en los casos de terreno relativamente no complicado del paisaje tipo 2.

La mayoría de los paisajes contienen una mezcla de fenómenos topográficos que influyen al viento. Los cambios en la velocidad del viento cerca de la superficie provocados por pequeñas colinas, o los cambios provocados por la vegetación y la densidad de obstáculos son del mismo orden de magnitud. La Fig 5.14 muestra (de una forma un poco exagerada) como varía la velocidad del viento a 10 m encima de la superficie si nos movemos desde la costa marítima hacia el interior en Dinamarca. Un procedimiento adecuado para el emplazamiento de un aerogenerador debe tener en cuenta todos los efectos indicados en la figura.

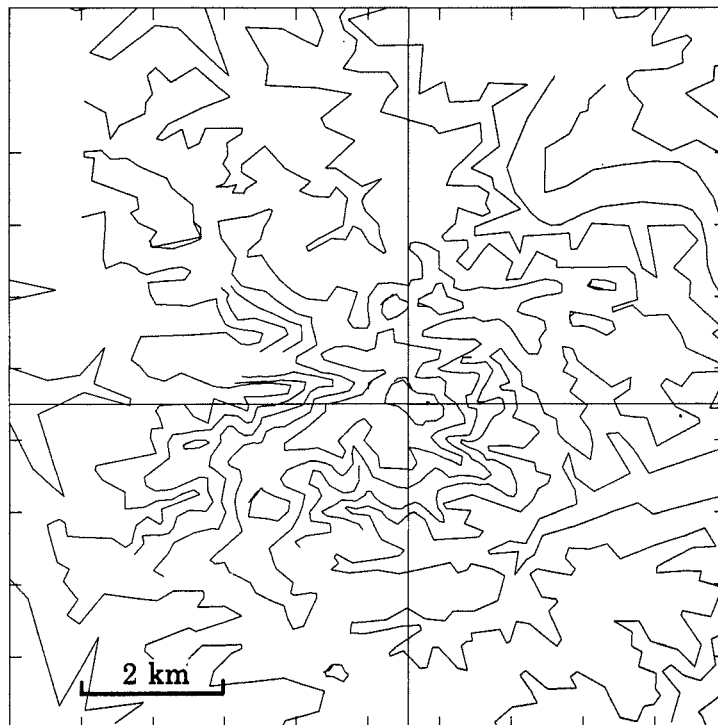


Figura 5.11. Digitalización del terreno alrededor de Burrington, UK, usada como entrada en el modelo orográfico. La estación meteorológica se encuentra en la intersección de las dos líneas rectas. Los valores calculados del factor del aumento de la velocidad a lo largo de la línea horizontal se muestran en la Fig. 5.13.

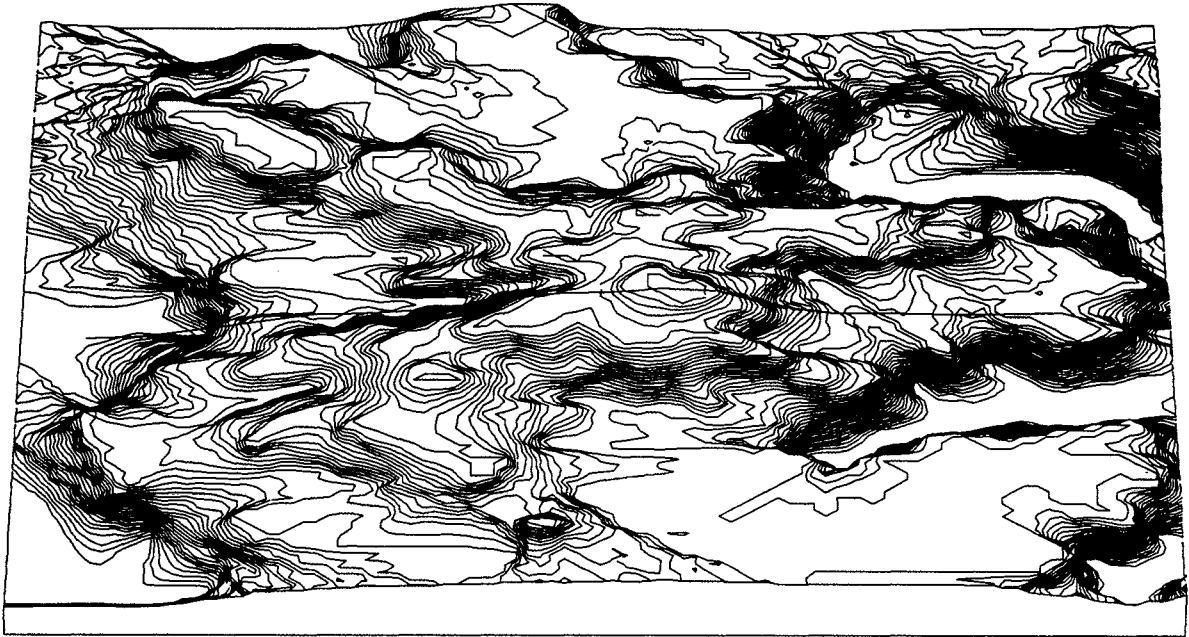


Figura 5.12. Dibujo en perspectiva de los alrededores de la estación de Burrington, UK. La escala vertical se ha exagerado por un factor de 5. La línea que se indica en el terreno corresponde a la línea horizontal de la Fig. 5.11.

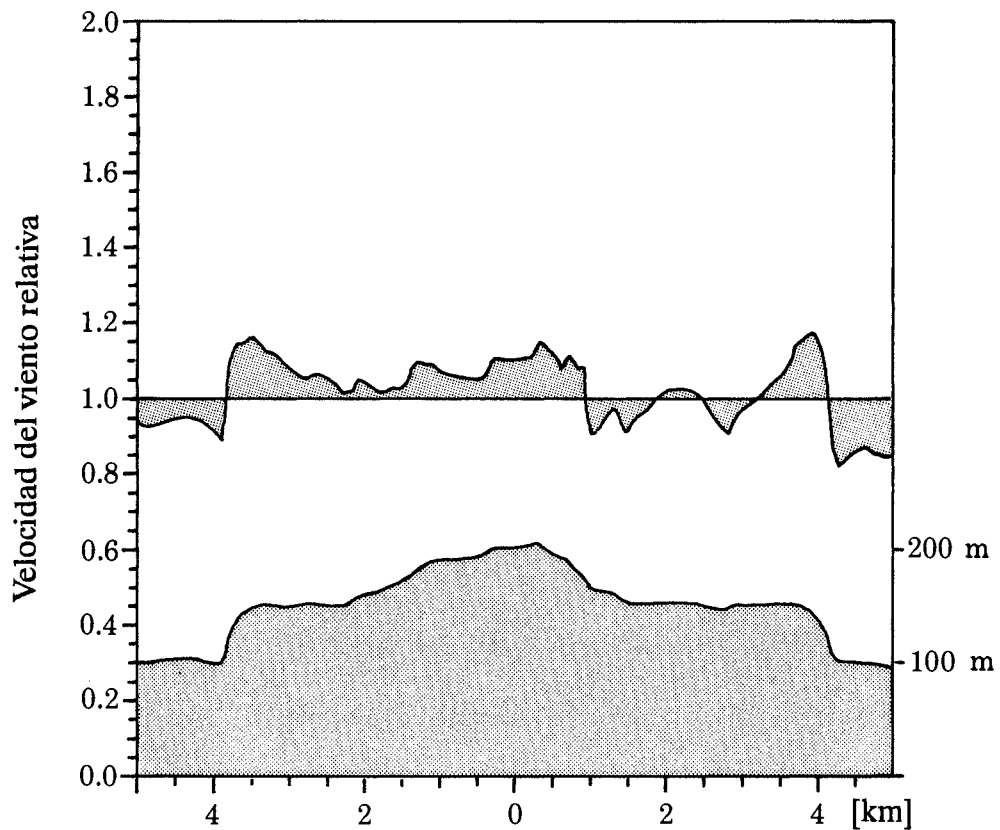


Figura 5.13. Cambios en la velocidad del viento a lo largo de la línea horizontal de la Fig. 5.11. El eje horizontal representa la distancia en kilómetros desde la estación meteorológica. El eje vertical da el factor de aumento de velocidad relativo calculado a 10 m por encima del nivel del suelo. La gráfica inferior sombreada muestra la altura de la sección a lo largo de la misma línea.

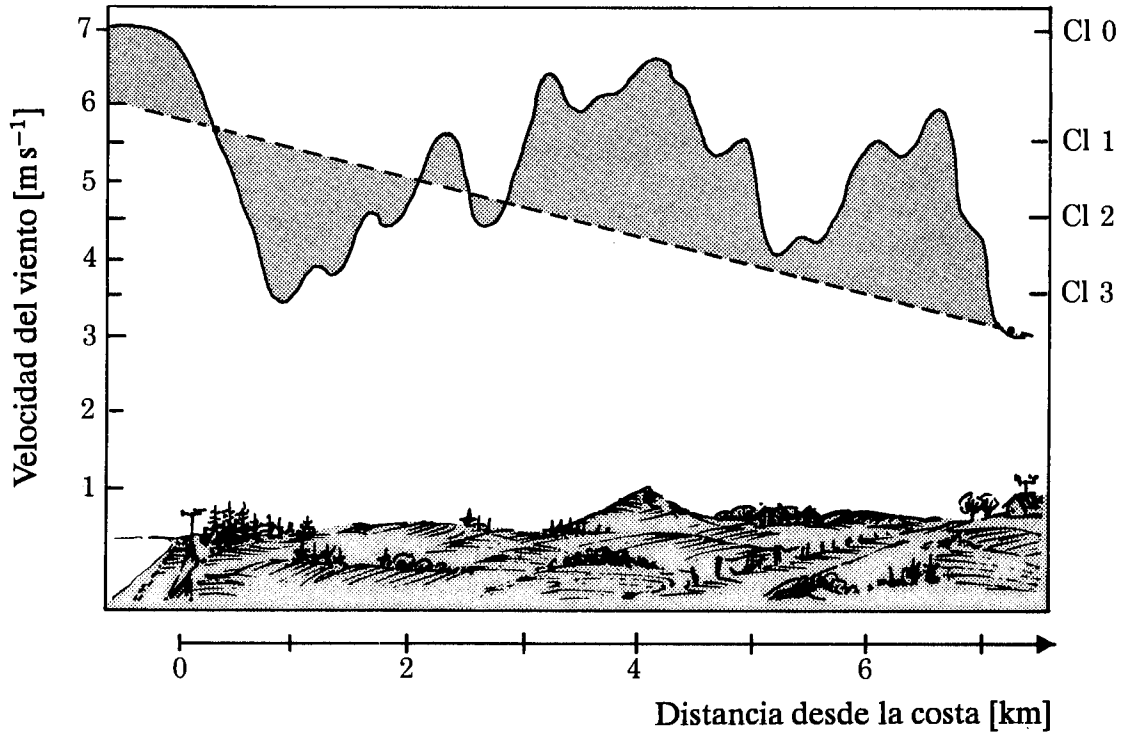


Figura 5.14. Variación de la velocidad media del viento a 10 metros por encima de la superficie causada por los efectos de la topografía (línea continua). La variación ha sido ligeramente exagerada, pero el rango es el típico en unas condiciones como las de Dinamarca. La línea discontinua indica la velocidad media del viento obtenida por interpolación entre dos estaciones alejadas tan sólo unos pocos kilómetros del lugar. La diferencia entre las dos curvas muestra los errores que se cometen al despreciar los efectos de la topografía en pequeña escala.

Capítulo 6

Producción de potencia

La potencia producida por un aerogenerador varía con el viento que golpea al rotor. Generalmente se usa la velocidad del viento a la altura del buje como referencia para la respuesta energética del aerogenerador. A la potencia producida como función de la velocidad del viento a la altura del buje se le llama la *curva de potencia*. La Figura 6.1 muestra una curva de potencia: cuando la velocidad del viento es menor que la velocidad de *conexión*, el aerogenerador no es capaz de producir. Cuando la velocidad del viento es superior a esta velocidad de conexión, la potencia producida aumenta con la velocidad hasta un valor máximo, la *potencia nominal*; a partir de aquí, la potencia es prácticamente constante. Para velocidades del viento superiores a la de *desconexión* el aerogenerador es frenado para evitar daños estructurales.

6.1 Determinación de la producción de potencia media

Una vez conocida la curva $P(u)$ de un aerogenerador, la potencia media puede estimarse a partir de la función de densidad de probabilidad de la velocidad del viento a la altura del buje calculada bien a partir de medidas experimentales o bien a partir de un proceso de emplazamiento tal y como se ha descrito en el Capítulo 5:

$$P = \int_0^{\infty} Pr(u)P(u) du \quad (6.1)$$

Si la función de la densidad de probabilidad $Pr(u)$ ha sido determinada a partir de un proceso de emplazamiento, se tiene en forma de función de Weibull en cuyo caso la expresión para la producción de potencia media se convierte:

$$P = \int_0^{\infty} \left(\frac{k}{A}\right) \left(\frac{u}{A}\right)^{k-1} \exp\left(-\left(\frac{u}{A}\right)^k\right) P(u) du \quad (6.2)$$

Lo más frecuente es que la integral no pueda calcularse analíticamente y se deba recurrir a métodos numéricos.

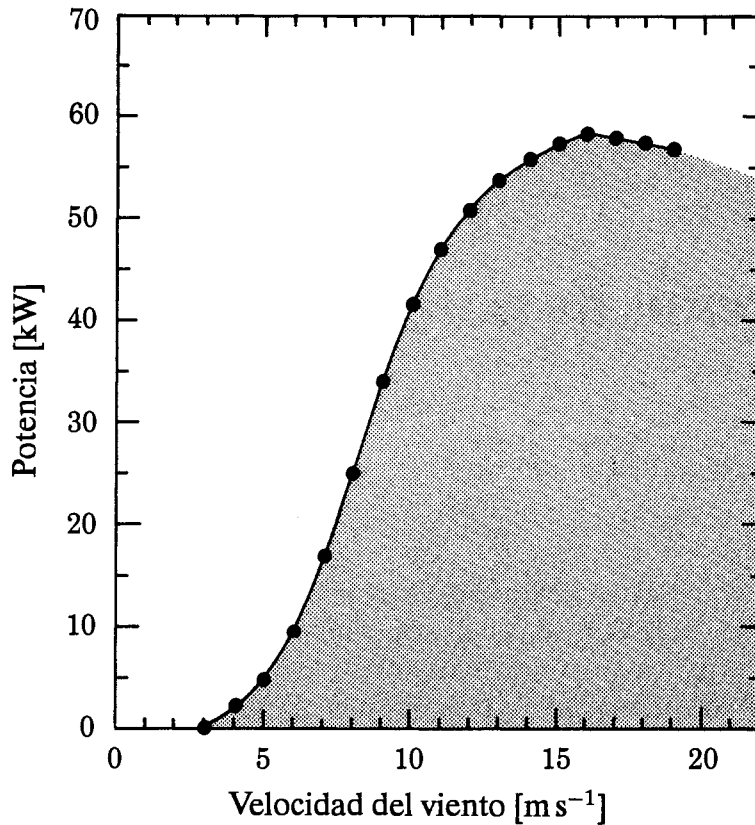


Figura 6.1. Curva de potencia medida de un aerogenerador de 55 kW. La curva de potencia se dibuja como una curva lineal a trozos con nodos cada 1 m s⁻¹.

Las curvas de potencia son bastante suaves y pueden aproximarse por una función lineal a tramos con pocos nodos. Con esta aproximación, la potencia puede escribirse como:

$$P(u) = \frac{P_{i+1} - P_i}{u_{i+1} - u_i}(u - u_i) + P_i, \quad u_i \leq u < u_{i+1} \tag{6.3}$$

lo que lleva a una solución analítica de la Ec. 6.2 (Petersen et al., 1981), viz.

$$P = \sum_i \frac{P_{i+1} - P_i}{\alpha_{i+1} - \alpha_i} \left(G_k(\alpha_{i+1}) - G_k(\alpha_i) \right) \tag{6.4}$$

en donde $\alpha_i = u_i/A$. La función $G_k(\alpha)$ es $1/k$ veces la función gamma incompleta de argumentos $1/k$ y α^k . La función está tabulada en el Apéndice B, Tabla B.7, para una serie de valores de k . En algunos casos puede aparecer una discontinuidad en la curva de potencia (como ocurre para $u_5 = u_6$ en la Fig. 6.2). Si hay un salto de potencia desde P_i a P_{i+1} para $u_i = u_{i+1}$, la contribución de este intervalo al valor total será:

$$(P_{i+1} - P_i) \cdot \exp(-\alpha_i^k) \tag{6.5}$$

Usando las Ec. 6.4 y 6.5, la potencia media puede calcularse de forma teórica para cualquier curva de potencia, simplemente dividiendo la curva en intervalos lineales. En la práctica, el método será útil sólo en el caso de que la curva pueda aproximarse por un número reducido de intervalos lineales.

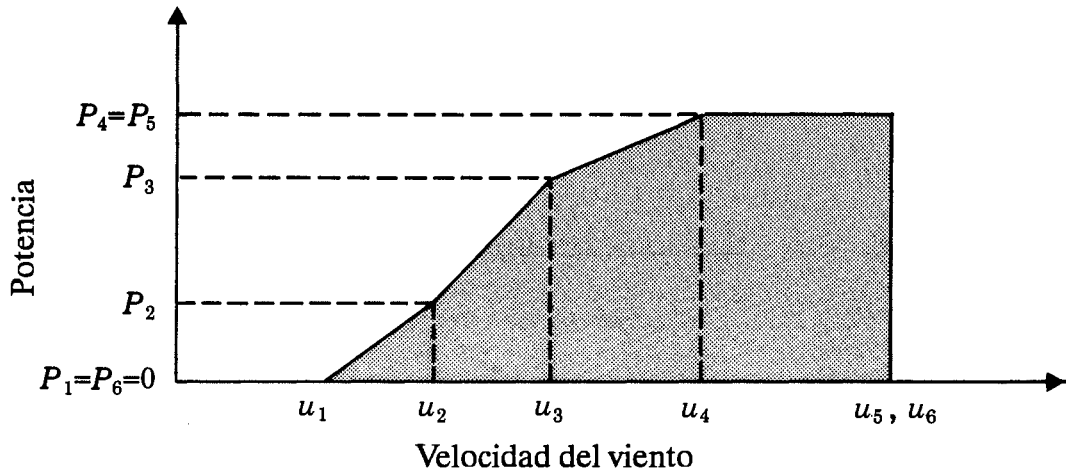


Figura 6.2. Ejemplo de una curva de potencia aproximada por intervalos lineales.

Para muchos aerogeneradores, la forma que se muestra en la Fig. 6.3 es una buena aproximación de la curva de potencia, que sustituida en las Ecs. 6.4 y 6.5 da:

$$P = \frac{P_{max}}{\alpha_2 - \alpha_1} \{ G_k(\alpha_2) - G_k(\alpha_1) - \exp(-\alpha_3^k) \} \quad (6.6)$$

En la práctica, el último término puede despreciarse debido a que, las altas velocidades del viento para las que el aerogenerador debe pararse, se dan con muy poca frecuencia. Para un aerogenerador que posea una curva de potencia prácticamente lineal, la Ec. 6.6 proporciona un método rápido para calcular la producción para distintos valores de los parámetros A y k . Por eso, un intervalo incierto de A y k puede convertirse en un intervalo de incertidumbre para la producción de potencia.

La aproximación de la curva de potencia a una función lineal debe hacerse con cuidado para evitar así grandes errores innecesarios en la predicción de potencia. Por ejemplo, si la curva de potencia que se muestra en la Fig. 6.1 se aproxima por una curva lineal que va desde 0 kW a 3 m s^{-1} hasta 55 kW (la potencia nominal) a 12 m s^{-1} y los parámetros de Weibull A y k son 6.4 m s^{-1} y 2.0 respectivamente, la predicción anual es de 149 MWh. Si se usa la curva real, la predicción es de 112 MWh por año, con lo que la producción se ha sobreestimado en un 33% al aproximar linealmente la curva. Otro método más fidedigno es el de recurrir a la velocidad del viento u_m a la que la eficiencia es máxima (ver Sección 6.4). La velocidad de conexión es pues $\frac{2}{3}u_m$. Para la misma curva de potencia eso da $u_m = 7.3 \text{ m s}^{-1}$, $u_1 = 4.9 \text{ m s}^{-1}$, $u_2 = 11.8 \text{ m s}^{-1}$, y la predicción es ahora de 107 MWh por año, un 5% menos del valor real.

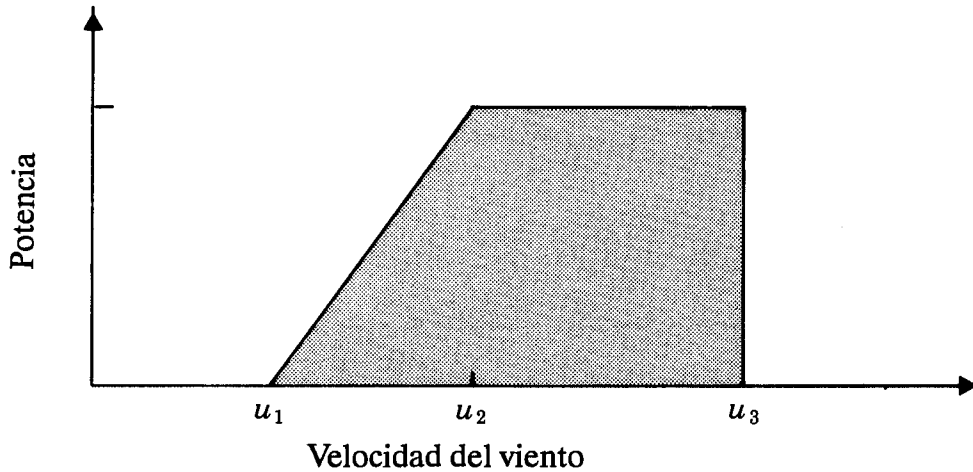


Figura 6.3. Una curva de potencia sencilla y lineal.

Ejemplo 6.1 Debemos instalar un pequeño aerogenerador en un determinado lugar. La curva de potencia del mismo puede aproximarse por un forma lineal sencilla con los parámetros:

velocidad de conexión	$u_1 = 5 \text{ m s}^{-1}$
velocidad a la potencia nominal	$u_2 = 12 \text{ m s}^{-1}$
potencia nominal	$P_{max} = 50 \text{ kW}$

Los parámetros de Weibull a la altura del buje se estiman con los valores $A = 6 \text{ m s}^{-1}$ y $k = 2$ lo que da:

$\alpha_1 = 0.83$	$G_k(\alpha_1) = 0.673$
$\alpha_2 = 2.00$	$G_k(\alpha_2) = 0.882$
$\alpha_2 - \alpha_1 = 1.17$	

a partir de lo que la potencia media puede calcularse como:

$$P = 50 \text{ kW} \cdot \frac{1}{1.17}(0.882 - 0.673) = 8.9 \text{ kW}$$

Repitiendo los cálculos para $A = 6 \pm 1 \text{ m s}^{-1}$ y $k = 1.5, 2.0$ y 2.5 , las potencias medias que se obtienen son (kW):

$A \text{ [m s}^{-1}\text{]}$	$k = 1.5$	$k = 2.0$	$k = 2.5$
5	6.9	5.0	3.8
6	10.6	8.9	7.8
7	14.3	13.3	12.6

Efectos de la densidad del aire y de la turbulencia

La Ec. 5.3 nos da el valor de la densidad de energía media disponible, tomando para la densidad del aire el valor climatológico medio apropiado, teniendo en cuenta que la densidad del aire varía con la temperatura y la presión atmosférica (altura). Además, la curva de potencia $P(u)$ para cualquier aerogenerador también varía con la densidad del aire. La curva de potencia se da generalmente tomando para la densidad del aire el valor de referencia de 1.225 kg m^{-3} que corresponde a condiciones normales de presión al nivel del mar y a una temperatura de 15°C . Una curva de potencia que se aplica en un lugar en el que la densidad media del aire es diferente al valor de referencia, se asume que es proporcional a la relación de densidades. Esto es válido debido principalmente al rango de densidades del aire relativamente limitado que pueden encontrarse (ver Apéndice B, Tabla B.1). Para aerogeneradores en los que la potencia de salida se usa para el control de la máquina, como en el caso de la mayoría de los aerogeneradores de regulación por paso variable, es necesario recurrir al cálculo correcto de la potencia de salida.

El hecho de trabajar con las medias de las velocidades del viento cada 10 minutos en vez de los valores instantáneos de las mismas, subestima el valor de la energía eólica media disponible ya que no se tienen en cuenta las fluctuaciones del viento a una escala temporal inferior a los 10 minutos. En el Capítulo 8 se ve como la subestimación está relacionada con la intensidad de turbulencia y como puede ser corregida por el término $3[\ln(z/z_0)]^{-2}$, siempre y cuando se trate de vientos fuertes sobre terreno homogéneo. Incluso para vientos fuertes, la intensidad de turbulencia puede variar significativamente debido a grandes flujos superficiales de calor y a inhomogeneidades del terreno. Esto puede ser importante, por ejemplo, en las zonas costeras. En terreno complejo, en donde las pendientes superan un 20%, la intensidad de la turbulencia depende fuertemente de la localización concreta en relación con la áreas de aceleración o deceleración.

Hay que señalar, sin embargo, que en la mayoría de los casos en los que los cálculos se hagan para aerogeneradores de un tamaño considerable, *no* hay que añadir a la densidad de potencia estimada por el Atlas la que corresponde a la contribución de la turbulencia. Hay tres razones principales que justifican este razonamiento. La primera es que el rotor tiene un tiempo de respuesta finito, cuya magnitud depende del sistema de control y de la rapidez con que se desarrolla la circulación en las palas. La segunda es que, mientras que el cálculo de la densidad de potencia es en un punto único, la extracción total de la densidad de potencia engloba el efecto de todos los vientos que afectan simultáneamente al disco del rotor. Por eso, debido a la extensión espacial del rotor y a la falta de coherencia vertical y lateral en el campo de vientos, gran parte del efecto de la turbulencia se filtra. Por último, para estimar la potencia de un aerogenerador en concreto se necesita la curva de potencia del mismo, y por convenio, esta curva se refiere a valores promediados cada 10 min. (Frandsen et al., 1982). Por eso, la curva de potencia contiene ella misma parte de la contribución de la turbulencia a la densidad de potencia, valor que depende del aerogenerador en concreto y del terreno en el que se ha medido la curva. Las incertidumbres asociadas al cálculo y uso de las curvas de potencia son a menudo considerables, 10% o más (ver p.e. Christensen y Dragt, 1986; Frandsen, 1987).

Así, no es necesario corregir los valores de potencia estimados en el Atlas a partir de valores medios con el efecto de la turbulencia cuando se realizan los cálculos para terreno llano u ondulado de rugosidad de clase 0, 1, y 2. Para el caso de rugosidades superiores y de perfiles orográficos más pronunciados, entonces sí que hay que incluir un término correctivo para intensidades fuertes de turbulencia, especialmente en los casos en que las curvas de potencia se han calculado en zonas de baja intensidad de turbulencia.

6.2 Función de densidad de potencia

Algunas veces puede interesar el evaluar la contribución de distintos rangos de velocidad del viento a la producción total de potencia. Puede hacerse una estimación muy simple evaluando la potencia media en el viento para distintas velocidades del viento. La densidad de potencia media nos la da la expresión:

$$E(u) = \frac{1}{2} \rho u^3 \cdot f(u) \tag{6.7}$$

en donde $f(u)$ es la distribución de Weibull estimada para el lugar correspondiente. Una gráfica de esta función nos muestra qué velocidades del viento son importantes para la producción de potencia media. En la Fig. 6.4 se muestra un ejemplo. La función consigue un máximo para el valor de la velocidad:

$$u = A \left(\frac{k + 2}{k} \right)^{1/k} \tag{6.8}$$

6.3 Curva de duración de potencia

Con los parámetros de Weibull y la curva de potencia se puede calcular la probabilidad Pr de que la potencia supere un cierto valor P . La curva correspondiente recibe el nombre de curva de duración. Para una curva de potencia lineal sencilla como la que se muestra en la Fig. 6.3, esta probabilidad viene dada por:

$$Pr(\text{potencia} > P) = \exp \left(- \left(\frac{u_p}{A} \right)^k \right), \quad 0 \leq P \leq P_{max} \tag{6.9}$$

con

$$P = \frac{P_{max}}{u_2 - u_1} (u_p - u_1) \quad \text{ó} \quad u_p = u_1 + \frac{P}{P_{max}} (u_2 - u_1) \tag{6.10}$$

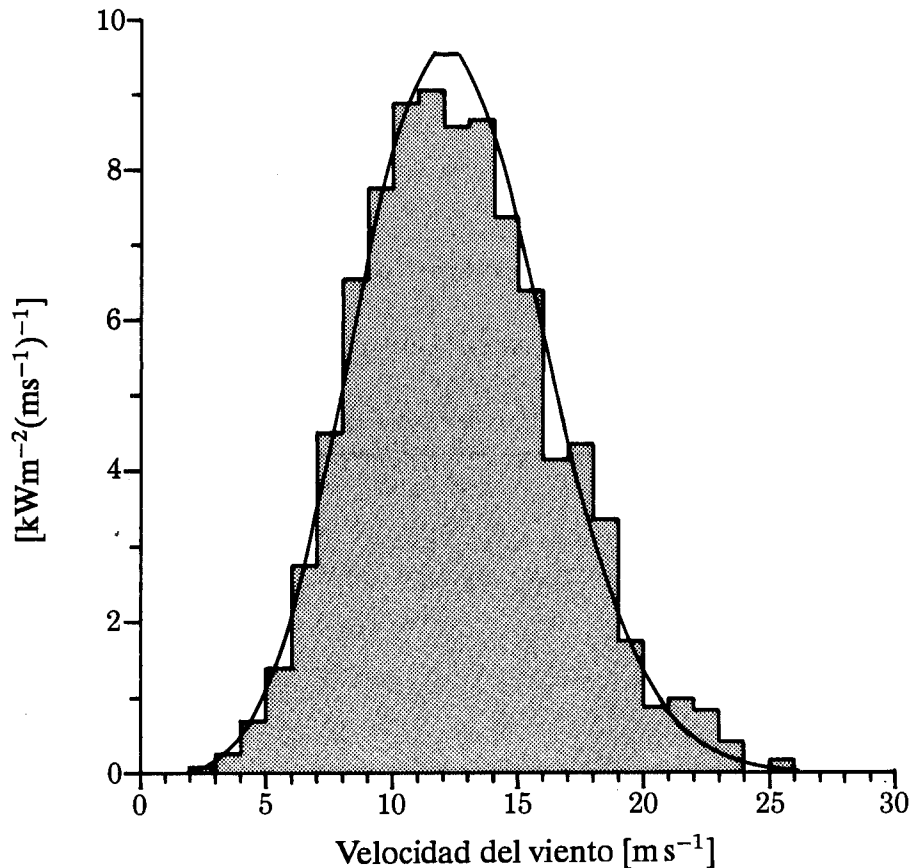


Figura 6.4. Función de densidad de potencia para el mástil de Sprogø, Dinamarca, a una altura de 68 m. El histograma da las densidades de potencia calculadas a partir de los datos; la curva suavizada corresponde a la distribución de Weibull ajustada a los datos, que corresponde a los parámetros $A = 9.2 \text{ m s}^{-1}$ y $k = 2.31$.

La curva de duración de potencia se convierte entonces en:

$$\Pr(\text{potencia} > P) = \exp \left[- \left(\alpha_1 + \frac{P}{P_{max}} (\alpha_2 - \alpha_1)^k \right) \right] \quad (6.11)$$

6.4 Optimización de la producción de potencia

La cantidad de energía eólica disponible para la producción de potencia varía de forma considerable a lo largo de Europa. Pueden darse también grandes variaciones de una región a otra y dentro de una misma región. Cuando ha sido seleccionado un lugar y se ha realizado un emplazamiento idóneo – obteniendo como resultado una función de distribución de Weibull para la velocidad del viento – el siguiente paso es el de decidirse por un aerogenerador apropiado. Debido a las grandes variaciones en el clima eólico, hay que asegurarse de que el diseño del aerogenerador elegido es el mejor para el lugar en concreto.

El proceso tradicional es el de calcular la producción media para uno o más aerogeneradores disponibles siguiendo el método ya especificado en la Sección 6.1. Esto, sin embargo, no nos garantiza que el aerogenerador escogido sea el que da la producción máxima en el lugar escogido ya que éste puede haber sido diseñado para otro régimen de vientos.

La eficiencia de un aerogenerador se define como el cociente entre la energía real producida por la máquina a una velocidad del viento dada y la energía total disponible que atraviesa el área barrida. Es evidente que el máximo aprovechamiento de la energía eólica se puede obtener cuando la eficiencia del aerogenerador consigue su máximo valor en un punto muy cercano al máximo de la función de la densidad de energía del viento. Así, la curva de eficiencia aerodinámica del aerogenerador debe ser aparejada a la de la distribución de la velocidad del viento. Vamos a mostrar un proceso sencillo para ello.

Considerando un aerogenerador con una curva de potencia lineal sencilla, la curva de eficiencia vendrá dada por:

$$C_p(u) = \frac{P(u)}{E(u) \cdot A_R} = \frac{s(u - u_1)}{\frac{1}{2}\rho u^3 \cdot A_R}, \quad u_1 \leq u \leq u_2 \quad (6.12)$$

en donde $P(u)$ es la potencia obtenida para una velocidad del viento u , $E(u) \cdot A_R$ es la energía total disponible que pasa a través del área barrida, A_R es el área barrida y s es la pendiente de la curva de potencia:

$$s = \frac{P_{max}}{u_2 - u_1} \quad (6.13)$$

La eficiencia máxima se da para la velocidad del viento u_m , que puede encontrarse diferenciando en la Ec. 6.12, obteniendo:

$$u_m = \frac{3}{2}u_1 \quad (6.14)$$

La curva de potencia puede escribirse ahora:

$$P(u) = \frac{3}{2}\rho C_p(u_m)A_R \cdot u_m^2 \left(u - \frac{2}{3}u_m\right) \quad \text{para } u_1 \leq u \leq u_2 \quad (6.15)$$

Sustituyendo esta expresión en la expresión para la potencia media, la Ec. 6.6, se obtiene el resultado:

$$P = \frac{1}{2}\rho C_p(u_m)A_R \cdot A^3 \cdot \left[3 \left(\frac{u_m}{A}\right)^2 \cdot \left\{ G_k \left(\frac{u_2}{A}\right) - G_k \left(\frac{2}{3} \frac{u_m}{A}\right) \right\} \right] \quad (6.16)$$

Esta expresión contiene parámetros que describen las características principales de un aerogenerador:

$$\begin{aligned}
 A_R &= \text{área barrida} \\
 C_p(u_m) &= \text{eficiencia máxima} \\
 u_m &= \text{velocidad del viento a la que la eficiencia es máxima} \\
 u_2 &= \text{velocidad del viento a la que se consigue la potencia nominal}
 \end{aligned}$$

El valor de u_m que optimiza la potencia media P puede aproximarse con suficiente exactitud por la expresión:

$$u_m = A \left[\left(\frac{k+2}{k} \right)^{1/k} - 0.15 \right] \quad (6.17)$$

El primer término en el paréntesis da la velocidad del viento, ponderada por A a la que se da un máximo de la función de la densidad de potencia para el viento, Ec. 6.8. La expresión muestra pues, que la máxima eficiencia hay que buscarla a una velocidad del viento inferior a la que corresponde al máximo de la función de densidad de energía del viento.

El proceso puede utilizarse como guía para la selección del aerogenerador apropiado.¹ Existen, sin embargo, un par de problemas. El primero, es que el diseño de un aerogenerador para un clima eólico específico, implica no sólo el localizar la máxima eficiencia, sino también la forma detallada de la curva de eficiencia (la eficiencia en función de la velocidad del viento). El segundo, es que la cuestión no se plantea generalmente en términos de como hay que diseñar un aerogenerador para optimizar la producción de potencia en un determinado lugar, sino en como un aerogenerador ya existente puede modificarse con el fin de mejorar la producción de potencia.

Para un aerogenerador de regulación por pérdida aerodinámica con un rotor determinado, las modificaciones más sencillas son: un cambio de la velocidad de rotación a base de cambiar la relación del multiplicador, un cambio en el ángulo de paso de las palas y un cambio en el tamaño del generador.

El efecto en el comportamiento de la potencia producido por un cambio de la velocidad de rotación o del ángulo de paso en las palas de un aerogenerador de regulación por pérdida aerodinámica con una altura de buje de 30 m y un diámetro de rotor de 23 m, puede verse en las Figs. 6.5 y 6.6. Las figuras muestran las curvas de potencia y de eficiencia aerodinámica para variaciones alrededor de los valores del diseño: un ángulo de paso de 0 grados y una velocidad de rotación de 47.5 rpm. Mientras que un cambio en la velocidad de rotación solamente desplaza la curva de eficiencia respecto a la de la velocidad del viento, un cambio en el ángulo de paso cambia también la forma de la curva de eficiencia. En ambos casos, el máximo de potencia y, con eso, la medida del generador han sido influenciados.

¹La parte restante de este capítulo fue proporcionada por Peter Hauge Madsen, Riso National Laboratory.

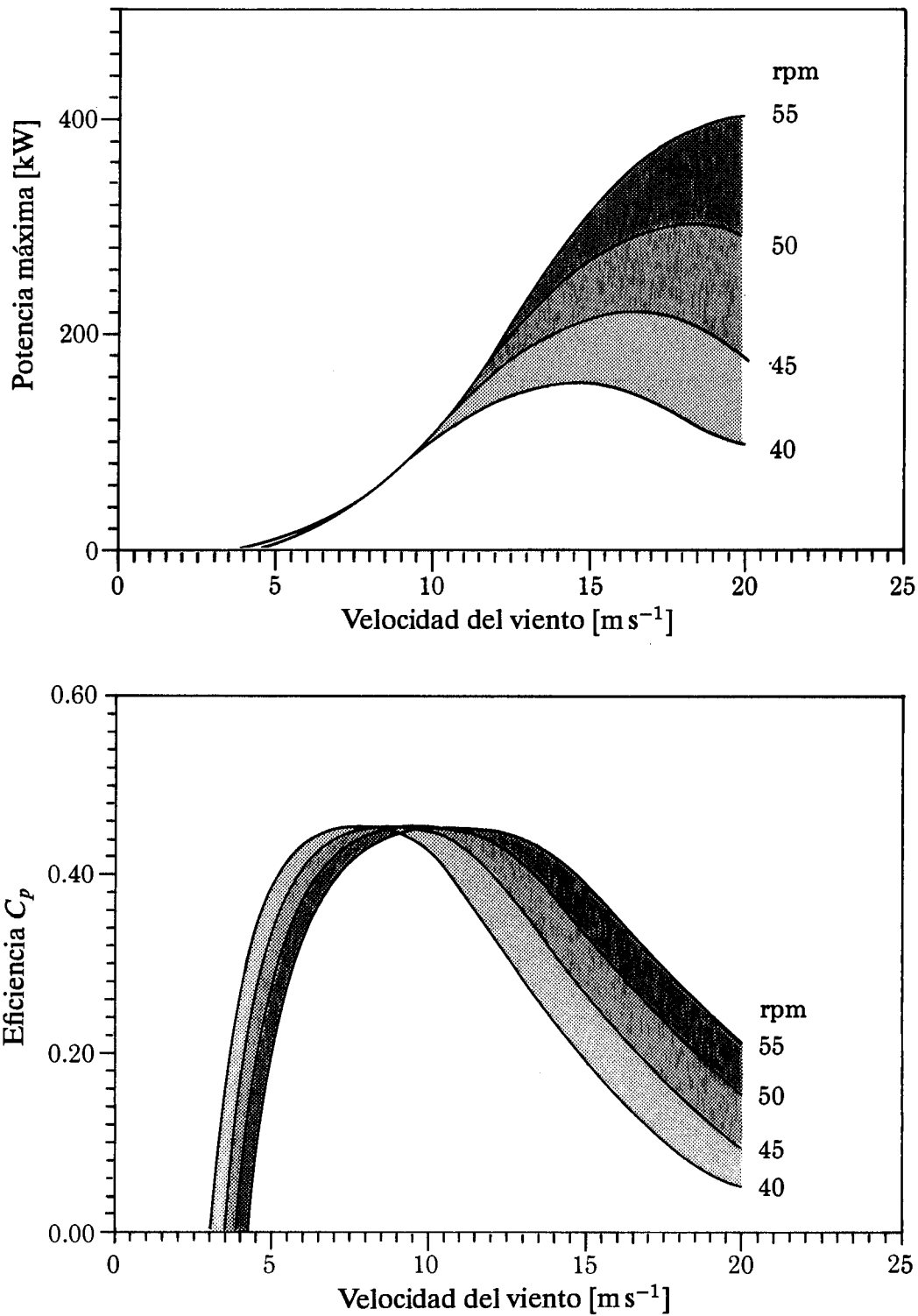


Figura 6.5. El efecto en la producción de energía de los cambios de la velocidad de rotación (rpm: revoluciones por minuto). El aerogenerador es de regulación por pérdida aerodinámica con una altura de buje de 30 m y un diámetro de rotor de 23 m. El ángulo de paso en las palas es de 0 grados. La figura superior muestra las curvas de potencia aerodinámica; la inferior las curvas de eficiencia aerodinámica.

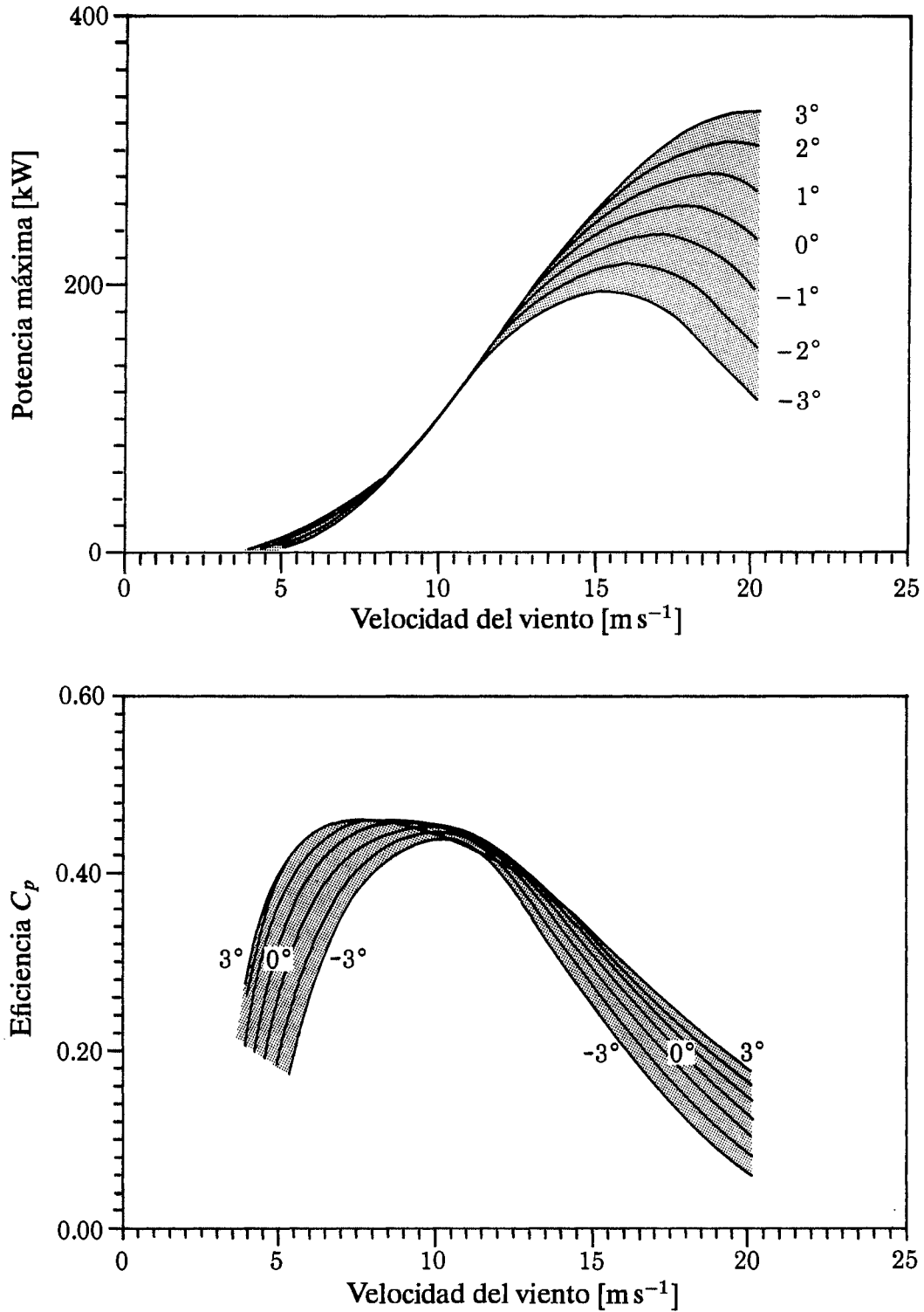


Figura 6.6. El efecto en la producción de potencia debido a los cambios del ángulo de paso en las palas θ [°]. El aerogenerador es de regulación por pérdida aerodinámica con una altura de buje de 30 m y un diámetro de rotor de 23 m. La velocidad de rotación es de 47.5 rpm. La figura superior muestra las curvas de potencia aerodinámica; la inferior las curvas de eficiencia aerodinámica.

La producción anual de energía dada por distintas curvas de potencia se calcula a partir de la Ec. 6.1. La producción anual de energía (sin pérdidas en el sistema de transmisión) por el aerogenerador en su diseño de configuración se da en la Tabla 6.1 para tres climas eólicos distintos.

Tabla 6.1. Producción anual de energía para tres climas eólicos distintos, ángulo de paso de 0 grados, velocidad de rotación de 47.5 rpm.

A ms^{-1}	k	Prod. anual ener. MWh
6.0	1.9	251
7.5	1.9	454
9.0	1.9	666

Las variaciones en la producción anual de energía debidas a cambios en el ángulo de paso y la velocidad de rotación se enseñan en la Fig. 6.7. Como puede observarse, si el régimen de vientos es débil son pocas las ganancias que se consiguen, mientras que para vientos fuertes la ganancia es importante.

Los ajustes tienen consecuencias en la carga del aerogenerador. La Figura 6.8 muestra el empuje desde el rotor del aerogenerador hasta la torre en función de la velocidad del viento. Notar como un cambio en la velocidad de rotación afecta especialmente al empuje. Modificaciones en el diseño de configuración deben ir acompañadas de una verificación de la solidez de la estructura y posiblemente de un reforzamiento de las palas, etc. Así pues, la optimización de un aerogenerador para un determinado clima eólico es una optimización económica en donde, las mejoras en la producción anual de energía deben valorarse en función del coste de los cambios estructurales, de un generador y un multiplicador más grandes, etc.

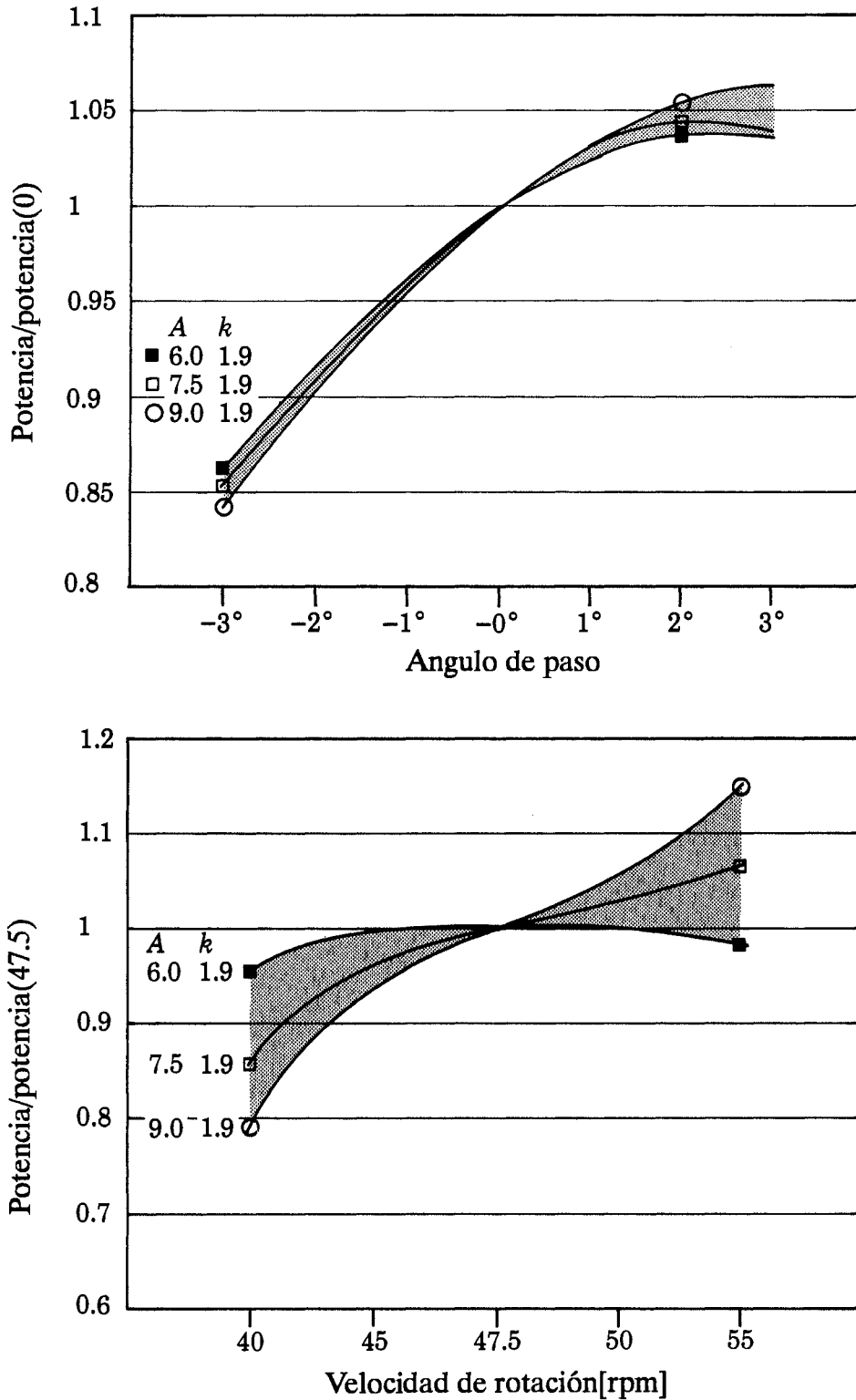


Figura 6.7. Variación de la producción de potencia por cambios en el ángulo de paso (figura superior) y en la velocidad de rotación (figura inferior). El aerogenerador es el mismo que en las Figs. 6.5 y 6.6. La producción de potencia se muestra para tres climas eólicos distintos dados por tres series distintas de parámetros de Weibull A y k.

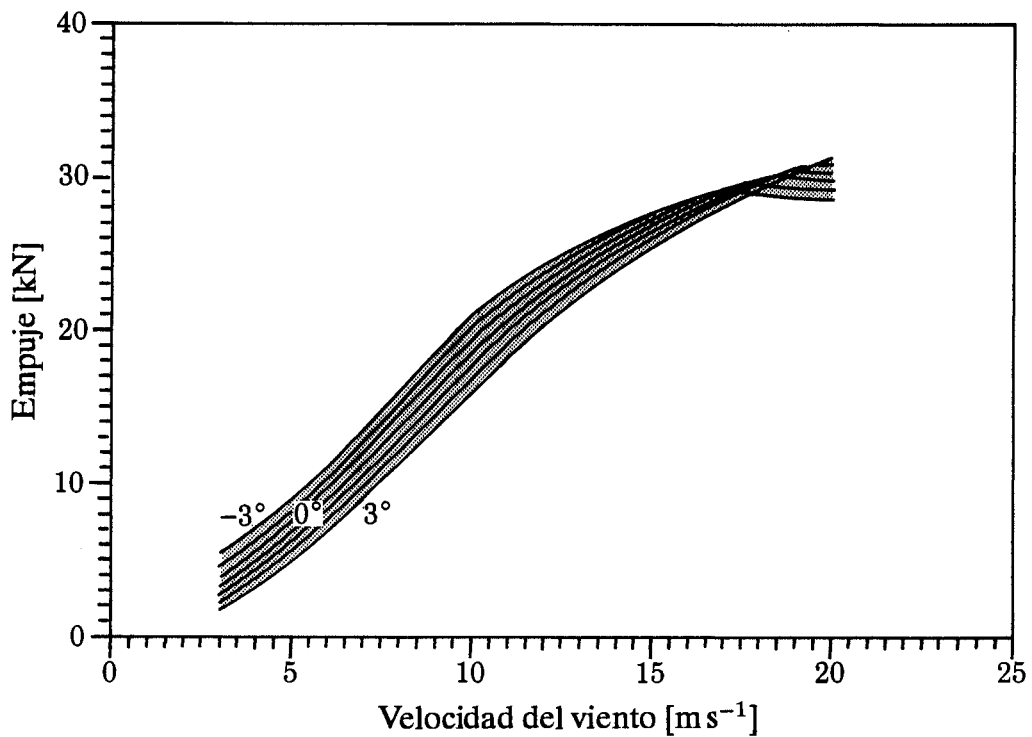
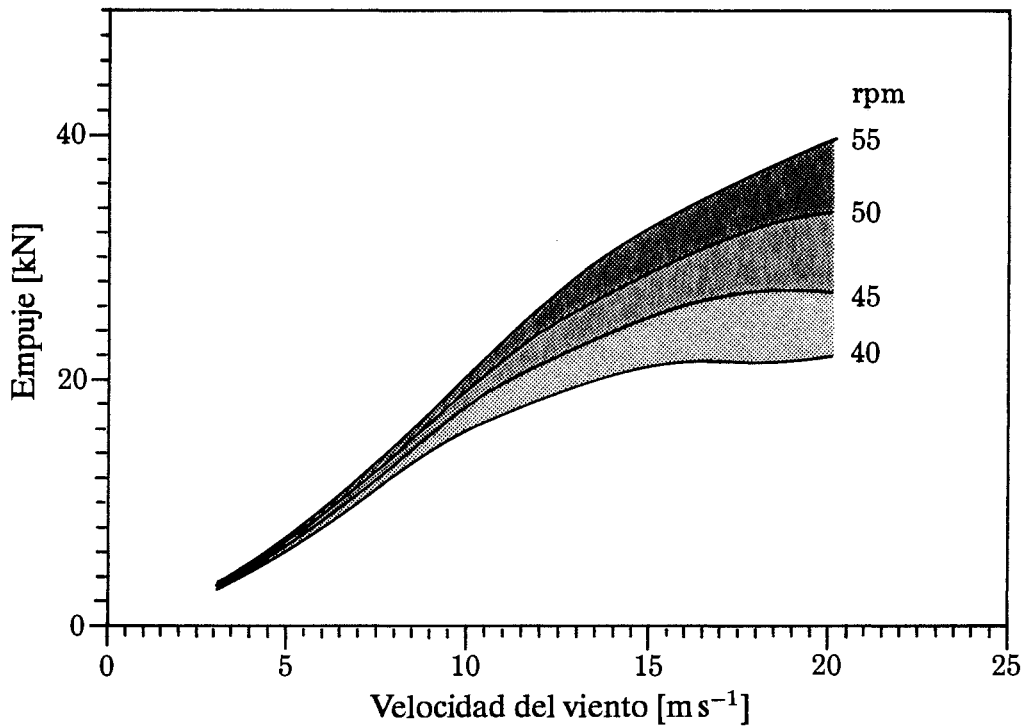


Figura 6.8. Carga en un aerogenerador como función de la velocidad del viento, para distintas velocidades del rotor y ángulos de paso distintos. El aerogenerador es el mismo que el de las Figs. 6.5 y 6.6. La figura superior muestra el empuje para velocidades del rotor variantes y un ángulo de paso fijo de 0°. La figura inferior muestra el empuje para ángulos de paso variables y un velocidad de rotación fija a 47.5 rpm.

Capítulo 7

Estadísticas y climatologías de las estaciones

En este capítulo se presentan, por medio de tablas y gráficas, los datos climatológicos para las estaciones meteorológicas utilizadas. Para cada estación, las tablas dan la climatología eólica calculada *representativa de la región*, obtenida a partir de los datos de la estación aplicando el análisis del Atlas Eólico, junto con el resumen de los datos básicos y las condiciones de medida. Los datos básicos y algunas cantidades que de ellos se derivan se muestran también gráficamente en las huellas de la climatología eólica al final de la sección de cada país.

Los países se presentan a lo largo del capítulo por orden alfabético, viz.

- | | |
|--------------|-----------------|
| 1. Bélgica | 7. Italia |
| 2. Dinamarca | 8. Luxemburgo |
| 3. Francia | 9. Países Bajos |
| 4. Alemania | 10. Portugal |
| 5. Grecia | 11. España |
| 6. Irlanda | 12. Reino Unido |

y las estaciones dentro de cada país siguen también un orden alfabético. El resumen de cada estación se presenta en una doble hoja; en la hoja de la izquierda se encuentra:

- una descripción de la estación
- un resumen de los datos básicos

y en la de la derecha

- los parámetros de Weibull calculados para la región
- las velocidades y energías medias calculadas para la región

La presentación de los datos se explica con todo detalle en las secciones siguientes.

7.1 Descripción de la estación y tablas estadísticas

Descripción de la estación

La descripción de la estación consta de una descripción geográfica del lugar, una descripción del emplazamiento de la estación y su entorno, y una rosa de las rugosidades de la estación.

Nombre de la estación Los nombres de las estaciones son los que tienen en el país en que se encuentran y así se han conservado.

Coordenadas geográficas La latitud y la longitud de cada estación se dan en grados, minutos y segundos – generalmente al minuto entero más próximo. En la Tabla 7.1 se da una lista de las coordenadas geográficas de todas las estaciones.

Coordenadas UTM Las coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator) consisten en el número de zona UTM y la distancia norte y este al borde de la zona en metros. Estas coordenadas se han calculado como las coordenadas UTM que coincidan exactamente con las geográficas dadas. Así, la resolución de estas coordenadas *no* se deriva de la localización real de la estación. Geodetic datum: European Datum 1950.

Altitud La altitud de la estación se da en metros sobre el nivel del mar (m s.n.m).

Descripción de la estación Se da una descripción global del entorno de la estación especificando, por ejemplo, las características más relevantes del terreno como la distancia al mar, lagos, ríos, bosques, montañas, etc. Se mencionan también los obstáculos existentes en los alrededores del anemómetro así como también cualquier tipo de información que pueda ser útil en el momento de interpretar los datos estadísticos.

Rosa de las rugosidades Es una lista de los parámetros de aspereza [m] correspondientes al terreno circundante dividido en doce sectores de 30°. Se dan también las distancias al cambio de rugosidad y el nuevo valor que toma el parámetro para cada sector. Se dan además, en una tabla aparte de la rosa, los factores de corrección para la velocidad del viento y los ángulos de corrección de la dirección del viento – debidos al efecto de resguardo de obstáculos y de desviación orográfica – usados para el cálculo de las tablas en el Atlas Eólico. Si la estación ha sido corregida únicamente por efectos de resguardo, no hay correcciones para la dirección del viento.

Resumen de los datos básicos

Distribución de las medidas del viento Esta tabla da la distribución por sectores de las medidas básicas de la velocidad del viento y la distribución de las velocidades en cada sector. La frecuencia con que aparecen los vientos en cada sector se da en tanto por ciento, mientras que la distribución de las velocidades dentro de cada sector se da en tanto por mil (decenas de tanto por ciento), es decir, cada sector está

normalizado a 1000. La tabla corresponde a la altura del anemómetro en metros por encima del nivel del suelo y el período de medidas está escrito encima de la tabla. El formato con que se da el período es AñMeDíHo, así, por ejemplo, 83123121 se refiere al día 31 de Diciembre de 1983 a las 21:00 horas.

Se ha buscado la función de distribución de Weibull que ajusta la distribución de velocidades para cada sector. Los parámetros de Weibull A [m s^{-1}] y k que resultan se dan en las dos últimas columnas de la tabla.

Variaciones diarias y anuales de la velocidad del viento Esta tabla da la velocidad media del viento como función de la hora del día y del mes del año. La hora se da en Coordenadas de Tiempo Universal (UTC), equivalente a las GTM.

Climatología regional y valores medios

Las tablas del Atlas Eólico Estas tablas dan los parámetros de Weibull A - y k -calculados para 12 sectores, 5 alturas y 4 clases de rugosidad. Además, la distribución de velocidades por sectores se da en tanto por ciento para cada clase de rugosidad. El parámetro A de Weibull se da en [m s^{-1}].

Valores estimados de la velocidad media del viento y de la potencia media La última tabla en la página de la derecha da la velocidad media estimada (calculada) en [m s^{-1}] y la potencia media total del viento en [W m^{-2}] para cada una de las cinco alturas de referencia y las cuatro clases de rugosidad. Estas han sido calculadas a partir de los parámetros de Weibull de las tablas del Atlas Eólico.

7.2 Las huellas climatológicas del viento

Las representaciones gráficas de los datos del viento al final de cada sección nacional, pretenden dar una visión general de los datos de viento usados en el Atlas. La primera línea da el nombre meteorológico de la estación, el país, y el período de recogida de los datos. A ésta le siguen la altura por encima de la superficie en donde se han hecho las medidas, el valor medio, la desviación típica y el valor medio del cubo de las velocidades del viento medidas. La representación gráfica consiste en cinco gráficas:

El año medio En la parte superior izquierda, la gráfica corresponde a la variación estacional media de la velocidad del viento (línea continua) y a la del cubo de la velocidad del viento (línea discontinua). Se han promediado todos los datos correspondientes al mismo mes del calendario y los resultados se han dibujado en el punto medio de cada uno de los intervalos mensuales señalados. Las unidades del eje de ordenadas son m s^{-1} para el caso del valor medio de la velocidad del viento y m^3s^{-3} para el valor medio del cubo de la velocidad del viento. Los valores que se leen de la gráfica hay que multiplicarlos por el factor de escala que se señala a la derecha. Las curvas continuas se han obtenido por interpolación, usando un spline cúbico.

Los datos de las velocidades del viento se encuentran también en las tablas de las páginas de descripción de las estaciones.

El día medio En la parte superior derecha, la gráfica representa la variación media diaria de las velocidades del viento medidas para los meses de Enero y Julio. La variación horaria promedio de la velocidad del viento en los meses de Enero y Julio, corresponde a la línea continua, y la del cubo de la velocidad del viento corresponde a la línea discontinua. El cálculo se ha hecho promediando los datos correspondientes a todos los meses de Enero (Julio) a la misma hora del día. Los resultados se han obtenido para cada una de las horas de referencia (UTC) y se han dibujado interpolando los datos intermedios con un spline cúbico. La ordenada media para cada curva, es idéntica a la ordenada en la curva del año medio correspondiente (gráfica superior izquierda) al punto del mes de Enero (Julio). Las unidades en el eje de ordenadas son de m s^{-1} para el caso del valor medio de la velocidad y de m^3s^{-3} para el valor medio del cubo de la velocidad. Los valores que se leen en la gráfica deben multiplicarse por el factor de escala que se da a la izquierda. Se han calculado días promedio para cada mes del calendario y se ha definido, para cada mes, un día promedio o de referencia para calcular el espectro que encierra. Los valores de las velocidades se encuentran en las tablas de la descripción de las estaciones.

La rosa de los vientos En la gráfica central izquierda, se muestran las frecuencias relativas de los vientos provenientes de cada uno de los doce sectores, y se hace por una extensión radial de los segmentos del círculo que corresponden a cada sector (línea delgada). La contribución de cada sector a la velocidad total media se señala por segmentos más estrechos, y la contribución a la velocidad al cubo media la dan los segmentos aún más estrechos del centro. Para cada cantidad, la normalización es de tal forma que el segmento más amplio se extiende hasta el círculo exterior punteado. Los valores correspondientes para cada una de las tres cantidades, se dan en el rectángulo pequeño en tanto por ciento (redondeando los valores al entero más próximo). El círculo interior punteado corresponde a la mitad de este valor.

El espectro En la parte central derecha, se muestra en una línea continua, la contribución a la varianza total de la velocidad del viento para un determinado intervalo de períodos. La escala vertical se ha ajustado arbitrariamente al centro de la curva. La abscisa da los períodos en escala logarítmica. La curva se ha calculado a partir de la serie temporal total, habiendo previamente sustraído a cada uno de los datos, hora a hora, el valor del día promedio mensual. El día promedio mensual se ha calculado para los doce meses tal y como se ha descrito anteriormente para los meses de Enero y Julio. Los días promedios, en este contexto, están considerados determinísticos en contraposición a las series temporales de las desviaciones que forman la parte estocástica. Se realiza seguidamente una transformada de Fourier de las desviaciones y la estimación espectral es elevada al cuadrado y promediada en bloques de igual anchura correspondientes a las anchuras de los escalones de la curva.

La columna vertical continua en la parte izquierda de la gráfica, indica la contribución a la desviación típica de la velocidad del viento en el conjunto global de los datos, para los períodos que quedan englobados en un año. Esto se calcula como la desviación típica del *año promedio* (parte superior izquierda). La columna vertical

discontinua representa también la contribución media anual a la desviación típica del cubo de la velocidad. Las unidades son tantos por ciento de la desviación típica total de los datos. Igualmente, las columnas de la parte derecha de la gráfica dan las contribuciones a la desviación típica de la velocidad y del cubo de la velocidad para los períodos englobados en un día, es decir, 24, 12, 8 y 6 horas en este caso concreto de datos trihorarios. Los números que aparecen en la esquina superior izquierda de la gráfica corresponden a la contribución a la desviación típica total en tanto por ciento de las variaciones aleatorias contenidas en el espectro de la varianza, dividido entre las partes con períodos superiores a un año, períodos entre un año y un día, y períodos inferiores a un día (la suma de los cuadrados de las contribuciones de las tres partes aleatorias junto con las contribuciones de las medias anuales y diarias determinísticas, vale la unidad). Los números en el pequeño rectángulo debajo de la gráfica dan la desviación típica relativa para la velocidad del viento y para el cubo de la velocidad en el día promedio del mes de Enero (los dos primeros números) y del día promedio del mes de Julio (los dos últimos números).

La impresión temporal En la gráfica inferior se ha representado la desviación relativa mes a mes de las medias mensuales. Para cada mes se ha calculado la velocidad media y la media de la velocidad al cubo y se le resta el valor esperado del mes del calendario correspondiente en el *año promedio* (gráfica superior izquierda). La desviación relativa se muestra por líneas dentadas – la línea continua corresponde a la velocidad del viento y la discontinua al cubo de la velocidad. La curva continua más suave muestra la desviación relativa año a año de la velocidad media del viento respecto al valor medio total. Cada punto de la curva da la desviación relativa en el período que se extiende medio año por delante y por detrás (bloques medios centrados). El valor central para cada año del calendario da pues la desviación para este año en concreto. Los círculos abiertos muestran igualmente la desviación del cubo de la velocidad del viento para cada año del calendario. Los números de la derecha dan el valor de la raíz cuadrática media de las desviaciones del año del calendario en tanto por ciento para la velocidad (número inferior) y para el cubo de la velocidad (número superior). La escala vertical es lineal desde -1 hasta $+1$, y se dobla en $+1$ hacia una escala lineal más burda que se ha ajustado para acomodar las desviaciones mayores.

7.3 Estadísticas y climatologías de las estaciones

Las 190 estaciones meteorológicas con observaciones de superficie que se han usado en el Atlas Eólico se listan en la Tabla 7.1. Se dan para cada estación la localización geográfica y el período en el que se dispone de los datos de viento. En las dos últimas columnas de la tabla se dan las páginas en que se encuentran las tablas y las huellas climatológicas de cada estación. Son 175 las estaciones de las que se dan ambas informaciones, las tablas y las huellas; para 3 otras estaciones se dan únicamente tablas y para las 12 restantes, sólo las huellas.

En la Tabla 7.2 aparece un listado de las 29 estaciones de radiosonda utilizadas. Para cada una se informa de la localización geográfica, de la altitud de observación y del período en el cuál se dispone de los datos. Los datos procedentes de las estaciones de radiosonda sólo se presentan con tablas. En la Tabla 7.3 se resumen las distribuciones de las velocidades del viento observadas.

Tabla 7.1. Estaciones meteorológicas con observaciones de superficie usadas en el Atlas Eólico. Los países de la CE están ordenados alfabéticamente, al igual que las estaciones dentro de cada país.

	Latitud	Longitud	Alt. [m]	Período	Tabla pág	Gráf pág
Bélgica						
Florennes	50° 14' N	04° 39' E	280	1975–81	118	128
Melsbroek	50° 54' N	04° 28' E	36	1970–79	120	128
Middelkerke	51° 12' N	02° 52' E	4	1972–81	122	128
Saint Hubert	50° 02' N	05° 24' E	556	1971–80	124	129
Spa	50° 29' N	05° 55' E	573	1971–80	126	129
Dinamarca						
Ålborg	57° 06' N	09° 52' E	3	1965–72	130	148
Beldringe	55° 29' N	10° 20' E	17	1972–79	132	148
Horns Rev Fyrskib	55° 24' N	07° 34' E	0	1962–80	134	148
Karup	56° 17' N	09° 08' E	52	1971–79	136	149
Kastrup	55° 38' N	12° 40' E	5	1965–72	138	149
Rønne	55° 04' N	14° 45' E	16	1972–79	140	149
Skrydstrup	55° 14' N	09° 16' E	40	1971–79	142	150
Tirstrup	56° 18' N	10° 37' E	25	1971–79	144	150
Værløse	55° 46' N	12° 19' E	19	1972–79	146	150
Francia						
Abbeville	50° 08' N	01° 50' E	77	1970–78	152	216
Aurillac	44° 53' N	02° 25' E	639	1979–85	154	216
Avord	47° 03' N	02° 39' E	179	1972–78	156	216
Bordeaux	44° 50' N	00° 42' E	51	1970–79	158	216
Brest	48° 27' N	04° 25' W	103	1970–79	160	217
Caen	49° 11' N	00° 27' E	67	1972–79	162	217
Cambrai	50° 13' N	03° 09' E	77	1970–79	164	217
Carcassonne	43° 13' N	02° 19' E	130	1973–78	166	217
Cherbourg	49° 39' N	01° 28' W	138	1970–78	168	218
Clermont-Ferrand	45° 47' N	03° 10' E	332	1976–85	170	218
Dinard	48° 35' N	02° 04' W	59	1970–79	172	218
Evreux	49° 01' N	01° 13' E	146	1970–79	174	218
Gourdon	44° 45' N	01° 24' E	261	1970–79	176	219
Istres	43° 31' N	04° 56' E	24	1970–79	178	219
Le Puy Chadrac	45° 03' N	03° 54' E	715	1976–82	180	219
Limoges	45° 52' N	01° 11' E	402	1973–79	182	219

Lorient	47° 46' N	03° 27' W	44	1970-78	184	220
Lyon	45° 43' N	04° 57' E	201	1970-79	186	220
Millau	44° 07' N	03° 01' E	720	1970-79	188	220
Mont Aigoual	44° 07' N	03° 35' E	1565	1970-79	190	220
Mont de Marsan	43° 55' N	00° 30' E	63	1970-79	192	221
Nantes	47° 10' N	01° 37' W	27	1970-79	194	221
Nîmes	43° 45' N	04° 25' E	96	1970-79	196	221
Orléans	47° 59' N	01° 45' E	125	1970-79	198	221
Perpignan	42° 44' N	02° 52' E	48	1972-78	200	222
Poitiers	46° 35' N	00° 19' E	120	1970-78	202	222
Reims	49° 18' N	04° 02' E	99	1970-78	204	222
Saint Etienne	45° 32' N	04° 18' E	402	1975-84	206	222
Saint Yan	46° 25' N	04° 01' E	244	1975-84	208	223
Toul	48° 47' N	05° 59' E	298	1975-79	210	223
Toulouse	43° 32' N	01° 22' E	166	1970-79	212	223
Vichy	46° 10' N	03° 24' E	251	1977-85	214	223
Alemania (FRG)						
Berlin	52° 28' N	13° 24' E	48	1971-80	224	254
Braunschweig	52° 18' N	10° 27' E	81	1973-81	226	254
Bremen	53° 03' N	08° 47' E	3	1970-79	228	254
Düsseldorf	51° 17' N	06° 47' E	37	1970-79	230	254
Frankfurt	50° 02' N	08° 36' E	111	1971-80	232	255
Hamburg	53° 38' N	09° 59' E	13	1970-79	234	255
Hannover	52° 27' N	09° 42' E	51	1970-79	236	255
Helgoland	54° 11' N	07° 54' E	4	1971-80	238	255
Hof-Hohensaas	50° 19' N	11° 53' E	567	1971-80	240	256
List/Sylt	55° 01' N	08° 25' E	26	1971-80	242	256
München	48° 08' N	11° 43' E	527	1970-79	244	256
Nürnberg	49° 30' N	11° 05' E	310	1971-80	246	256
Saarbrücken	49° 13' N	07° 07' E	323	1971-80	248	257
Stuttgart	48° 41' N	09° 13' E	373	1972-81	250	257
Weißenburg	49° 01' N	10° 58' E	422	1971-80	252	257
Grecia						
Araxos	38° 13' N	21° 22' E	15	1974-75	258	—
Athina	37° 54' N	23° 44' E	28	1974-83	260	278
Chios	38° 22' N	26° 08' E	5	1974-83	—	278
Heraklion	35° 20' N	25° 08' E	37	1974-83	262	278
Kerkyra	39° 37' N	19° 55' E	2	1974-83	264	278
Limnos (Agio Sozon)	39° 29' N	25° 13' E	47	1986-87	266	—
Limnos (Airport)	40° 06' N	24° 30' E	5	1974-75	268	—
Methoni	36° 49' N	21° 42' E	33	1974-83	—	279
Milos	36° 45' N	24° 26' E	182	1974-83	—	279
Mytilini	39° 06' N	26° 33' E	17	1974-83	270	279
Naxos	37° 00' N	25° 23' E	9	1974-83	272	280
Rodos	36° 23' N	28° 07' E	4	1974-83	274	280
Thessaloniki	40° 31' N	22° 58' E	8	1974-83	276	280

Irlanda

Belmullet	54° 14' N	10° 00' W	9	1966-75	282	302
Claremorris	53° 43' N	08° 59' W	69	1967-77	284	302
Cork	51° 51' N	08° 29' W	162	1970-79	286	302
Dublin	53° 26' N	06° 15' W	65	1970-79	288	302
Kilkenny	52° 40' N	07° 16' W	63	1970-79	290	303
Malin Head	55° 22' N	07° 20' W	24	1970-79	292	303
Mullingar	53° 32' N	07° 21' W	101	1974-83	294	303
Roches Point	51° 48' N	08° 15' W	40	1970-79	296	304
Shannon	52° 41' N	08° 55' W	8	1970-79	298	304
Valentia	51° 56' N	10° 15' W	18	1970-79	300	304

Italia

Alghero	40° 38' N	08° 17' E	40	1960-69	306	360
Bolzano	46° 28' N	11° 20' E	241	1966-75	308	360
Brindisi	40° 39' N	17° 57' E	15	1965-75	310	360
Cagliari	39° 15' N	09° 03' E	18	1951-70	312	360
Campeda	40° 21' N	08° 45' E	660	1980-86	314	361
Campo Marino	41° 56' N	15° 01' E	100	1985-88	—	361
Campolieto	41° 37' N	14° 47' E	970	1985-88	—	361
Capo Bellavista	32° 56' N	09° 43' E	138	1960-69	316	361
Capo Palinuro	40° 01' N	15° 17' E	184	1960-69	318	362
Capo Sandalo	39° 09' N	08° 14' E	100	1981-86	320	362
Capracotta	41° 50' N	14° 15' E	1370	1984-88	—	362
Cingoli	43° 23' N	13° 12' E	815	1984-88	—	362
Cirras	39° 49' N	08° 34' E	5	1980-85	322	363
Fiume Santo	40° 51' N	08° 18' E	50	1981-85	324	363
Frosolone	41° 36' N	14° 27' E	1360	1984-88	—	363
Gioia del Colle	40° 41' N	16° 56' E	350	1965-75	326	363
Grosseto	42° 45' N	11° 04' E	7	1965-75	328	364
Le Porte	42° 21' N	10° 55' E	380	1983-87	330	364
Lecce Galatina	40° 14' N	18° 09' E	48	1965-75	332	364
Macerata	43° 18' N	13° 27' E	350	1984-88	—	364
Mazara	37° 40' N	12° 35' E	40	1983-87	—	365
Milano	45° 26' N	09° 17' E	103	1966-75	334	365
Monte Arci	39° 45' N	08° 48' E	780	1980-85	336	365
Nago	45° 50' N	10° 54' E	170	1984-87	—	365
Olbia	40° 56' N	09° 30' E	2	1959-68	338	366
Pisa	43° 41' N	10° 23' E	2	1965-75	340	366
Ponza	40° 55' N	12° 57' E	184	1965-74	342	366
Salcito	41° 47' N	14° 33' E	890	1985-88	—	366
San Gavino	40° 32' N	08° 47' E	20	1979-85	344	367
San Gilla	39° 13' N	09° 06' E	1	1980-85	346	367
Santa Anna	39° 50' N	08° 41' E	40	1980-85	348	367
Santa Caterina	39° 06' N	08° 29' E	1	1981-86	350	367
Scopeto	42° 23' N	10° 54' E	180	1983-86	352	368
Trapani	37° 55' N	12° 30' E	7	1970-75	354	368

Unia	40° 50' N	08° 20' E	40	1979-85	356	369
Uras	39° 42' N	08° 42' E	30	1979-81	358	369
Luxemburgo						
Findel	49° 37' N	06° 12' E	376	1970-79	370	372
Países Bajos						
Eelde	53° 08' N	06° 35' E	5	1970-76	374	386
Eindhoven	51° 27' N	05° 25' E	20	1970-76	376	386
Leeuwarden	53° 13' N	05° 46' E	0	1970-76	378	386
Schiphol	52° 18' N	04° 46' E	-4	1970-76	380	387
Terschelling	53° 21' N	05° 11' E	1	1970-76	382	387
Texel Lichtschip	53° 01' N	04° 22' E	0	1970-76	384	387
Portugal						
Beja	38° 01' N	07° 52' W	246	1971-80	388	418
Bragança	41° 48' N	06° 44' W	691	1971-80	390	418
Cabo Carvoeiro	39° 21' N	09° 24' W	32	1971-80	392	418
Coimbra	40° 12' N	08° 25' W	141	1971-80	394	418
Faro	37° 01' N	07° 58' W	8	1971-80	396	419
Ferrel	39° 23' N	09° 17' W	20	1977-78	398	419
Flores	39° 27' N	31° 08' W	28	1971-80	400	419
Funchal	32° 41' N	16° 46' W	49	1971-80	402	419
Lisboa	38° 47' N	09° 08' W	103	1971-80	404	420
Porto	41° 14' N	08° 41' W	70	1971-80	406	420
Porto Santo	33° 04' N	16° 21' W	78	1971-80	408	420
Sagres	36° 59' N	08° 57' W	40	1971-80	410	420
Santa Maria	36° 58' N	25° 10' W	100	1971-80	412	421
Sines	37° 57' N	08° 53' W	15	1973-80	414	421
Viana do Castelo	41° 42' N	08° 48' W	16	1971-80	416	421
España						
Albacete	38° 56' N	01° 51' W	700	1972-82	106	158
Alicante	38° 17' N	00° 32' E	30	1972-82	108	158
Almería	36° 51' N	02° 23' W	20	1972-82	110	158
Avilés	43° 33' N	06° 02' W	100	1972-82	112	158
Badajoz	38° 53' N	06° 50' W	185	1972-82	114	159
Barcelona	41° 18' N	02° 05' E	5	1972-85	116	159
El Hierro	27° 49' N	17° 53' W	31	1973-82	118	159
Fuerteventura	28° 27' N	13° 51' W	17	1972-82	120	159
Gerona	41° 54' N	02° 46' E	128	1972-82	122	160
Granada	37° 11' N	03° 47' W	569	1972-82	124	160
La Coruña	43° 08' N	08° 23' W	97	1972-82	126	160
Lanzarote	28° 56' N	13° 37' W	20	1972-82	128	160
Las Palmas	27° 56' N	15° 23' W	24	1973-82	130	161
Madrid	40° 25' N	03° 41' W	581	1972-85	132	161
Málaga	36° 43' N	04° 25' W	7	1972-82	134	161

Menorca	39° 53' N	04° 15' E	82	1972-82	136	161
Murcia	37° 58' N	01° 14' W	75	1972-82	138	162
Palma de Mallorca	39° 33' N	02° 44' E	4	1972-82	140	162
Pamplona	42° 46' N	01° 39' W	454	1973-82	142	162
Salamanca	40° 57' N	05° 30' W	790	1972-82	144	162
Santiago de Compostela	42° 56' N	08° 26' W	364	1972-82	146	163
Sevilla	37° 25' N	05° 54' W	27	1972-82	148	163
Tenerife (Los Rodeos)	28° 28' N	16° 19' W	605	1972-82	150	163
Tenerife (Reina Sofía)	28° 02' N	16° 34' W	72	1978-82	152	164
Valencia	39° 07' N	00° 28' E	62	1972-82	154	164
Zaragoza	41° 40' N	01° 01' W	247	1972-85	156	164
Reino Unido						
Bala	52° 54' N	03° 35' W	163	1975-82	482	526
Benbecula	57° 28' N	07° 22' W	6	1970-81	484	526
Birmingham	52° 27' N	01° 44' W	94	1970-81	486	526
Blackpool	53° 46' N	03° 02' W	10	1972-82	488	526
Bournemouth	50° 47' N	01° 50' W	10	1970-81	490	527
Burrington	50° 56' N	03° 59' W	201	1977-82	492	527
Cairngorm	57° 13' N	03° 39' W	1065	1970-80	494	527
Castle Archdale	54° 28' N	07° 42' W	66	1971-81	496	527
Coltishall	52° 45' N	01° 21' E	19	1971-80	498	528
Duirinish	57° 32' N	05° 41' W	18	1970-80	500	528
Dustaffnage	56° 28' N	05° 26' W	3	1971-80	502	528
Eskdalemuir	55° 19' N	03° 12' W	249	1970-80	504	528
Exeter	50° 44' N	03° 25' W	31	1970-81	506	529
Fort Augustus	57° 08' N	04° 43' W	42	1970-81	508	529
London	51° 28' N	00° 28' E	24	1973-82	510	529
Lowther Hill	55° 23' N	03° 45' E	727	1974-82	512	529
Manchester	53° 21' N	02° 16' W	70	1971-80	514	530
Snaefell	54° 18' N	04° 28' W	615	1974-82	516	530
Valley	53° 15' N	04° 32' W	10	1971-80	518	530
Waddington	53° 10' N	00° 32' E	70	1971-80	520	531
Wick	58° 30' N	03° 06' E	35	1971-80	522	531
Yeovilton	51° 00' N	02° 38' W	17	1971-80	524	531

Tabla 7.2. Estaciones de radiosonda usadas en el Atlas Eólico. Los países de la CE ► están ordenados alfabéticamente, al igual que las estaciones dentro de cada país. Las altitudes se dan en milibares [mb] o en metros por encima del nivel del mar [m]. Los datos de Risø, Dinamarca, han sido deducidos a partir de observaciones superficiales de presión.

	Latitud	Longitud	Alt.	Período	Tabla pág
Bélgica					
Ukkel	50° 48' N	04° 21' E	850 mb	1968-80	533
Dinamarca					
Risø	55° 42' N	12° 05' E	superf.	1965-77	534
Francia					
Ajaccio	41° 55' N	08° 48' E	1500 m	1961-74	535
Bordeaux	44° 50' N	00° 42' W	1500 m	1961-74	536
Brest	48° 27' N	04° 25' W	1500 m	1961-74	537
Lyon	45° 44' N	04° 57' E	1500 m	1961-74	538
Nancy	48° 41' N	06° 13' E	1500 m	1961-74	539
Nantes	47° 10' N	01° 37' W	1500 m	1962-75	540
Nîmes	43° 52' N	04° 24' E	1500 m	1961-74	541
Toulouse	43° 38' N	01° 22' E	1500 m	1962-75	542
Trappes	48° 46' N	02° 01' E	1500 m	1961-74	543
Alemania (FRG)					
Emden	53° 21' N	07° 13' E	850 mb	1961-70	544
Essen	51° 24' N	06° 58' E	850 mb	1965-71	545
Hannover	52° 28' N	09° 42' E	850 mb	1961-70	546
München	48° 08' N	11° 43' E	850 mb	1961-70	547
Schleswig	54° 32' N	09° 33' E	850 mb	1961-70	548
Stuttgart	48° 50' N	08° 12' E	850 mb	1961-70	549
Grecia					
Athina	37° 54' N	23° 44' E	850 mb	1974-84	550
Heraklion	35° 20' N	25° 11' E	700 mb	1974-84	551
Irlanda					
Valentia	51° 56' N	10° 15' W	850 mb	1970-79	552
Italia					
Brindisi	40° 39' N	17° 57' E	850 mb	1967-73	553
Cagliari	39° 15' N	09° 03' E	850 mb	1967-73	554
Roma	41° 48' N	12° 14' E	850 mb	1967-73	555
Udine	46° 02' N	13° 11' E	850 mb	1967-73	556
Reino Unido					
Aughton	53° 33' N	02° 55' W	850 mb	1961-70	557
Camborne	50° 13' N	05° 19' W	850 mb	1961-70	558
Crawley	51° 05' N	00° 13' W	850 mb	1961-70	559
Hemsby	52° 41' N	01° 41' E	850 mb	1961-70	560
Lerwick	60° 01' N	01° 11' W	850 mb	1961-70	561
Stornoway	58° 13' N	06° 20' W	850 mb	1961-70	562

Albacete

38° 56' 00" N 01° 51' 00" W UTM 30 E 599679 m N 4310080 m 700 m s.n.m.

Situada en la gran llanura de Los Llanos que está elevada a unos 600–800 m sobre el nivel del mar. La llanura está rodeada por las montañas de los Altos de Chinchilla – a más de 10 km al E de la estación – y por las estribaciones de la Sierra de Alcaraz – a más de 20 km al S de la estación.

El anemómetro está situado cerca de las pistas del aeropuerto de la Base Aérea de Los Llanos, 4 km al S de la ciudad de Albacete. Los edificios más próximos aparecen en el sector NW a una distancia superior a 550 m.

Sect	z ₀₁	x ₁	z ₀₂	x ₂	z ₀₃	x ₃	z ₀₄	x ₄	z ₀₅	x ₅	z ₀₆	Porc	Grad
0	0.01	250	0.10	3500	0.30								
30	0.01	500	0.10	2000	0.20								
60	0.01	500	0.10										
90	0.01	500	0.10										
120	0.01	1500	0.10										
150	0.01	2000	0.10										
180	0.01	2000	0.10										
210	0.01	2000	0.20										
240	0.01	3000	0.20										
270	0.01	2000	0.15										
300	0.01	500	0.30	1000	0.20								
330	0.01	250	0.10	2000	0.20							-2	

Altura del anemómetro: 5.7 m s.n.s.

Período: 72060609–82123118

Sect	Frec	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	4.3	652	7	23	93	52	66	44	19	22	15	4	0	3	0	2.0	0.86
30	4.2	685	2	50	108	43	31	25	25	5	24	0	1	1	0	1.6	0.79
60	5.3	561	4	49	102	81	60	59	15	16	33	3	2	9	6	3.0	0.99
90	5.3	495	3	44	90	92	68	62	41	22	60	7	3	5	6	3.8	1.13
120	9.0	301	9	46	113	144	124	96	49	50	56	4	4	5	0	5.2	1.77
150	12.7	229	4	67	132	138	140	97	70	42	67	9	2	3	0	5.5	1.90
180	10.9	263	6	47	120	110	119	122	66	60	72	6	3	4	2	5.6	1.84
210	3.9	744	2	15	65	49	45	17	22	13	22	2	3	1	0	1.1	0.67
240	5.1	494	1	22	102	88	58	47	32	26	89	21	3	8	8	4.1	1.12
270	15.0	203	3	34	73	88	109	101	79	60	160	38	10	27	13	7.3	1.65
300	14.7	196	1	46	94	102	130	112	88	76	112	17	8	11	8	6.7	1.79
330	9.6	256	3	56	125	107	129	98	71	47	81	16	5	4	2	5.7	1.74
Total	100.0	336	4	45	103	101	105	88	59	46	82	14	5	9	5	5.3	1.47

UTC	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dec	Año
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	1.9	3.0	2.8	2.7	2.3	2.2	2.3	2.4	2.1	2.4	2.1	3.9	2.4
9	2.9	4.1	4.5	4.5	4.3	3.9	3.9	3.8	3.2	4.1	2.7	3.4	3.8
12	5.3	6.6	6.2	5.8	5.4	4.5	4.7	4.4	4.5	5.5	5.1	5.5	5.3
15	5.9	7.1	6.9	6.1	6.0	5.7	5.6	4.9	5.0	6.0	5.0	6.2	5.8
18	4.1	5.1	5.8	5.8	6.2	6.1	6.4	6.2	5.1	4.4	3.2	5.6	5.6
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Día	4.4	5.6	5.5	5.0	4.8	4.5	4.6	4.4	4.0	4.7	3.9	4.9	4.7

Clase de rugosidad 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	7.1 1.50	3.1 0.94	4.3 1.04	5.7 1.19	7.8 1.88	8.4 2.24	8.5 2.19	6.3 1.55	5.3 1.11	10.6 1.69	11.1 1.87	10.2 1.94	8.3 1.55
25	7.8 1.52	3.4 0.96	4.8 1.05	6.2 1.20	8.5 1.93	9.1 2.30	9.3 2.25	6.9 1.60	5.8 1.12	11.6 1.71	12.1 1.88	11.1 1.97	9.0 1.57
50	8.4 1.56	3.7 0.99	5.1 1.08	6.7 1.23	9.1 1.98	9.8 2.37	9.9 2.31	7.4 1.64	6.2 1.14	12.3 1.73	12.8 1.91	11.8 2.01	9.7 1.60
100	8.9 1.54	3.9 0.96	5.5 1.06	7.1 1.21	9.8 1.94	10.6 2.30	10.7 2.25	8.0 1.60	6.6 1.13	13.1 1.73	13.6 1.91	12.6 1.99	10.4 1.60
200	9.6 1.49	4.2 0.93	5.8 1.03	7.6 1.19	10.7 1.85	11.6 2.19	11.8 2.15	8.7 1.52	7.1 1.11	14.0 1.70	14.6 1.88	13.6 1.94	11.2 1.57
Frec	6.0	4.2	4.9	5.3	7.8	11.5	11.5	6.1	4.8	11.9	14.7	11.3	100.0

Clase de rugosidad 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	3.4 1.04	1.9 0.80	3.3 0.98	4.2 1.11	5.6 1.74	5.8 1.92	6.0 1.87	2.4 0.90	4.2 1.09	7.9 1.64	8.0 1.77	6.9 1.75	5.8 1.40
25	4.1 1.08	2.3 0.85	3.9 1.01	4.9 1.15	6.6 1.85	7.0 2.05	7.1 1.99	2.9 0.94	5.0 1.12	9.2 1.67	9.3 1.81	8.1 1.81	6.8 1.45
50	4.8 1.15	2.7 0.92	4.5 1.07	5.7 1.21	7.6 2.05	8.0 2.28	8.1 2.18	3.5 1.02	5.7 1.17	10.3 1.72	10.4 1.87	9.2 1.90	7.8 1.52
100	5.6 1.24	3.3 0.98	5.2 1.14	6.5 1.29	9.0 2.19	9.4 2.44	9.5 2.34	4.1 1.08	6.5 1.25	11.5 1.81	11.7 1.99	10.4 2.04	8.9 1.63
200	6.5 1.20	3.9 0.94	6.0 1.11	7.5 1.25	10.9 2.10	11.6 2.33	11.6 2.25	4.9 1.04	7.4 1.22	12.9 1.79	13.2 1.95	12.0 1.98	10.5 1.62
Frec	4.8	4.2	5.2	5.3	8.7	12.4	11.1	4.5	5.0	14.1	14.6	10.1	100.0

Clase de rugosidad 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	2.2 0.89	1.6 0.80	2.9 0.99	3.8 1.14	4.9 1.78	5.1 1.93	5.2 1.87	1.1 0.68	3.8 1.13	6.9 1.66	6.9 1.79	5.9 1.75	5.0 1.40
25	2.8 0.92	2.0 0.84	3.6 1.02	4.6 1.17	6.0 1.89	6.3 2.06	6.4 1.97	1.4 0.70	4.7 1.16	8.3 1.69	8.4 1.82	7.2 1.81	6.1 1.44
50	3.3 0.98	2.4 0.90	4.2 1.07	5.3 1.23	7.0 2.07	7.3 2.26	7.4 2.13	1.7 0.74	5.4 1.21	9.5 1.73	9.6 1.88	8.3 1.90	7.1 1.50
100	3.9 1.06	3.0 0.98	4.9 1.16	6.2 1.33	8.3 2.28	8.7 2.48	8.7 2.34	2.1 0.80	6.3 1.30	10.8 1.81	10.9 1.99	9.5 2.06	8.2 1.60
200	4.6 1.02	3.6 0.95	5.7 1.13	7.2 1.29	10.1 2.19	10.6 2.38	10.6 2.26	2.4 0.77	7.3 1.27	12.2 1.82	12.4 1.98	11.1 2.01	9.6 1.61
Frec	4.4	4.2	5.3	5.3	9.0	12.7	10.9	3.9	5.1	15.0	14.6	9.6	100.0

Clase de rugosidad 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	1.6 0.87	1.4 0.82	2.4 1.01	3.1 1.23	3.9 1.83	4.0 1.94	4.0 1.82	1.2 0.76	3.7 1.26	5.4 1.69	5.4 1.81	4.5 1.72	3.9 1.41
25	2.2 0.90	1.8 0.85	3.1 1.04	4.1 1.26	5.1 1.93	5.3 2.04	5.3 1.91	1.6 0.77	4.8 1.28	7.0 1.72	7.0 1.84	5.9 1.77	5.2 1.45
50	2.6 0.94	2.3 0.90	3.7 1.08	4.9 1.31	6.1 2.08	6.3 2.20	6.3 2.04	2.0 0.81	5.6 1.32	8.3 1.76	8.3 1.89	7.0 1.84	6.2 1.51
100	3.2 1.02	2.8 0.99	4.5 1.15	5.8 1.42	7.3 2.37	7.6 2.50	7.5 2.30	2.4 0.87	6.6 1.39	9.6 1.83	9.6 1.98	8.2 1.98	7.3 1.60
200	3.8 1.01	3.3 0.98	5.3 1.16	6.9 1.42	8.9 2.28	9.2 2.41	9.1 2.24	2.8 0.87	7.7 1.41	11.1 1.87	11.1 2.02	9.7 1.99	8.6 1.63
Frec	4.3	4.3	5.3	5.8	9.5	12.5	10.1	4.0	6.2	14.8	14.2	9.1	100.0

z	Clase 0		Clase 1		Clase 2		Clase 3	
10	7.5	656	5.3	270	4.6	177	3.6	84
25	8.1	835	6.2	418	5.6	304	4.7	178
50	8.7	987	7.0	560	6.4	432	5.6	283
100	9.3	1221	8.0	761	7.4	604	6.5	424
200	10.0	1575	9.4	1227	8.6	968	7.7	677

Alicante

38° 16' 56" N 00° 32' 29" E UTM 31 E 284945 m N 4240059 m 30 m s.n.m.

Situada a 5 km S de la ciudad de Alicante. El terreno es uniforme. A 2 km hacia el E se encuentra el Mar Mediterráneo. A más de 6 km en el sector NW se encuentran algunas colinas que superan los 400 m.

Sect	z ₀₁	x ₁	z ₀₂	x ₂	z ₀₃	x ₃	z ₀₄	x ₄	z ₀₅	x ₅	z ₀₆	Porc	Grad
0	0.03	2000	0.10	7000	0.40								
30	0.03	7000	0.40										
60	0.10	2000	0.00										
90	0.30	2000	0.00										
120	0.10	1000	0.30	2000	0.00								
150	0.10	2000	0.20	5000	0.00								
180	0.03	1000	0.30	10000	0.00								
210	0.03	1000	0.10										
240	0.03	2000	0.10	8000	0.30								
270	0.03	4000	0.10	10000	0.30								
300	0.03	3000	0.30										
330	0.03	2000	0.10	8000	0.30								

Altura del anemómetro: 6.0 m s.n.s.

Periodo: 72060603-82123121

Sect	Frec	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	5.8	473	87	134	99	74	38	26	21	10	26	7	2	3	1	2.5	0.98
30	6.7	398	52	121	133	94	65	48	28	18	30	8	4	0	1	3.4	1.23
60	8.3	303	36	92	77	106	87	87	69	39	73	19	6	4	2	5.1	1.50
90	12.9	224	36	81	107	120	135	103	70	36	72	11	5	1	0	5.4	1.86
120	8.5	304	34	80	104	128	133	86	58	29	37	4	0	1	0	4.6	1.77
150	5.5	480	37	73	84	88	85	70	39	20	23	2	0	0	0	3.2	1.22
180	6.5	414	41	89	88	106	84	66	38	28	42	4	1	0	0	3.7	1.32
210	6.8	423	53	113	107	87	64	61	31	23	32	4	1	0	0	3.3	1.22
240	7.2	378	67	151	108	89	76	47	24	23	26	5	2	3	0	3.3	1.19
270	10.5	298	79	128	116	97	84	61	38	26	43	12	7	8	1	4.1	1.25
300	11.4	247	59	108	99	96	72	70	53	46	96	29	14	8	4	5.2	1.37
330	9.8	286	48	103	84	77	74	60	38	43	113	30	20	16	7	5.3	1.29
Total	100.0	331	52	105	101	99	87	69	45	31	57	13	6	4	2	4.3	1.32

UTC	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dec	Año
0	3.0	3.1	2.3	1.9	1.4	1.0	0.9	1.2	1.2	2.3	2.8	3.2	2.0
3	3.3	3.4	3.0	2.4	1.5	1.6	1.2	1.4	1.7	2.6	3.1	3.6	2.4
6	3.6	3.4	3.4	2.5	1.6	1.8	1.4	1.7	1.7	2.7	3.2	3.7	2.5
9	3.7	3.9	4.3	4.6	3.9	3.7	3.6	3.2	3.0	3.3	3.7	3.6	3.7
12	5.3	5.3	6.1	6.5	6.0	5.8	6.0	5.8	5.3	5.2	4.7	4.9	5.6
15	5.7	6.3	6.9	7.0	6.8	6.2	6.3	6.2	6.1	6.1	5.3	5.0	6.1
18	2.9	3.6	4.4	4.7	4.4	4.4	4.4	4.4	3.4	3.0	2.6	2.6	3.7
21	2.8	2.7	2.0	1.8	1.3	1.4	1.4	1.8	1.2	1.9	2.5	2.8	2.0
Día	3.8	4.0	4.1	3.9	3.4	3.3	3.2	3.2	2.9	3.4	3.5	3.7	3.5

Clase de rugosidad 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	5.4 1.08	5.5 1.36	7.1 1.41	9.4 1.79	7.9 1.73	5.8 1.38	5.6 1.30	5.8 1.49	5.7 1.42	6.6 1.40	8.1 1.43	8.6 1.38	7.0 1.38
25	5.9 1.09	6.0 1.39	7.8 1.44	10.3 1.81	8.6 1.76	6.4 1.43	6.1 1.33	6.4 1.52	6.2 1.46	7.2 1.42	8.9 1.45	9.4 1.38	7.7 1.40
50	6.3 1.11	6.5 1.43	8.3 1.48	11.0 1.85	9.2 1.81	6.9 1.46	6.6 1.37	6.9 1.57	6.7 1.49	7.7 1.46	9.5 1.47	10.0 1.40	8.3 1.43
100	6.7 1.11	6.9 1.40	8.9 1.45	11.7 1.83	9.9 1.77	7.4 1.42	7.1 1.33	7.4 1.52	7.2 1.46	8.2 1.44	10.1 1.47	10.6 1.40	8.8 1.42
200	7.1 1.08	7.6 1.34	9.6 1.40	12.6 1.78	10.8 1.70	8.1 1.35	7.8 1.27	8.1 1.45	7.8 1.39	8.8 1.39	10.8 1.44	11.3 1.38	9.5 1.39
Frec	6.7	6.5	8.0	11.7	9.6	6.2	6.3	6.7	7.1	9.7	11.3	10.2	100.0

Clase de rugosidad 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	3.0 0.99	3.9 1.24	5.3 1.32	6.9 1.67	4.8 1.47	3.4 1.04	3.8 1.12	3.8 1.24	3.9 1.22	4.7 1.26	6.1 1.37	6.2 1.27	4.9 1.25
25	3.6 1.03	4.8 1.31	6.3 1.38	8.1 1.73	5.8 1.59	4.2 1.12	4.6 1.19	4.7 1.33	4.7 1.30	5.6 1.31	7.2 1.40	7.2 1.29	5.8 1.30
50	4.2 1.12	5.5 1.45	7.2 1.47	9.1 1.83	6.8 1.78	4.9 1.23	5.4 1.32	5.5 1.48	5.5 1.43	6.4 1.40	8.1 1.46	8.1 1.33	6.7 1.38
100	4.9 1.19	6.6 1.54	8.3 1.58	10.4 1.96	8.1 1.90	5.9 1.31	6.5 1.40	6.5 1.58	6.5 1.53	7.3 1.50	9.1 1.55	9.1 1.40	7.8 1.48
200	5.9 1.15	8.0 1.48	9.7 1.52	12.0 1.90	10.1 1.81	7.2 1.26	7.9 1.35	8.0 1.51	7.8 1.47	8.6 1.45	10.4 1.52	10.2 1.38	9.2 1.46
Frec	5.8	6.7	8.3	12.8	8.6	5.5	6.5	6.8	7.2	10.5	11.4	9.8	100.0

Clase de rugosidad 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	2.7 1.01	3.6 1.26	4.8 1.37	5.9 1.65	4.2 1.46	3.0 1.05	3.3 1.11	3.3 1.24	3.4 1.21	4.2 1.27	5.3 1.36	5.2 1.25	4.3 1.25
25	3.3 1.06	4.4 1.32	5.8 1.42	7.1 1.71	5.2 1.56	3.8 1.11	4.1 1.17	4.2 1.32	4.2 1.27	5.1 1.31	6.5 1.39	6.3 1.27	5.2 1.29
50	4.0 1.13	5.2 1.43	6.8 1.50	8.2 1.78	6.1 1.73	4.5 1.21	4.9 1.28	4.9 1.44	5.0 1.37	5.9 1.38	7.4 1.44	7.2 1.30	6.1 1.37
100	4.7 1.24	6.2 1.57	7.9 1.63	9.4 1.94	7.3 1.90	5.4 1.33	5.9 1.40	5.9 1.58	5.9 1.50	6.9 1.50	8.5 1.52	8.2 1.36	7.1 1.47
200	5.6 1.20	7.5 1.51	9.3 1.59	11.0 1.89	9.1 1.81	6.6 1.27	7.1 1.35	7.2 1.52	7.1 1.45	8.1 1.46	9.7 1.51	9.3 1.37	8.4 1.47
Frec	5.9	6.8	8.5	12.7	8.2	5.6	6.5	6.8	7.5	10.5	11.3	9.5	100.0

Clase de rugosidad 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	2.2 1.05	2.9 1.27	3.9 1.42	4.5 1.63	3.2 1.42	2.4 1.06	2.5 1.10	2.7 1.25	2.8 1.24	3.4 1.27	4.2 1.36	3.9 1.22	3.4 1.25
25	2.9 1.10	3.9 1.33	5.1 1.46	5.8 1.67	4.3 1.50	3.2 1.11	3.4 1.16	3.5 1.31	3.7 1.29	4.4 1.31	5.4 1.38	5.1 1.24	4.4 1.29
50	3.6 1.16	4.7 1.41	6.1 1.52	7.0 1.74	5.2 1.63	3.9 1.19	4.1 1.24	4.3 1.42	4.5 1.38	5.3 1.37	6.4 1.42	6.0 1.26	5.3 1.35
100	4.4 1.29	5.7 1.56	7.2 1.64	8.2 1.87	6.3 1.85	4.8 1.35	5.1 1.40	5.3 1.60	5.4 1.53	6.3 1.46	7.5 1.49	7.0 1.31	6.3 1.46
200	5.2 1.26	6.8 1.54	8.5 1.65	9.6 1.88	7.7 1.79	5.8 1.30	6.1 1.36	6.3 1.55	6.5 1.50	7.4 1.47	8.7 1.52	8.1 1.34	7.5 1.47
Frec	6.0	7.0	9.1	12.2	7.9	5.8	6.6	6.9	7.9	10.6	11.1	9.0	100.0

z	Clase 0		Clase 1		Clase 2		Clase 3	
10	6.4	505	4.6	216	4.0	141	3.1	68
25	7.0	640	5.4	330	4.8	240	4.1	142
50	7.5	753	6.1	434	5.6	335	4.8	224
100	8.0	940	7.0	590	6.5	462	5.7	326
200	8.7	1240	8.3	991	7.6	767	6.8	531

Almería

36° 51' 00" N 02° 23' 00" W UTM 30 E 554978 m N 4078476 m 20 m s.n.m.

Situada 5 km al E de la ciudad de Almería. Las montañas de Sierra de Gádor (2200 m) y de Sierra de la Alhambilla (1300 m) se encuentran a más de 30 km en la dirección NW y NE, respectivamente.

La distancia al mar desde el anemómetro es de unos 400 m aproximadamente, y los edificios más próximos se encuentran en el sector E a más de 1 km. Cerca del anemómetro (≈ 250 m) hay árboles en sectores NW y N.

Sect	z ₀₁	x ₁	z ₀₂	x ₂	z ₀₃	x ₃	z ₀₄	x ₄	z ₀₅	x ₅	z ₀₆	Porc	Grad
0	0.01	500	0.30									-2	
30	0.01	500	0.30										
60	0.01	250	0.30										
90	0.01	125	0.30										
120	0.30	2000	0.00										
150	0.30	700	0.00										
180	0.30	500	0.00										
210	0.30	600	0.00										
240	0.10	1000	0.03										
270	0.01	750	0.13	2000	0.30								
300	0.01	400	0.30									-1	
330	0.01	300	0.30									-2	

Altura del anemómetro: 6.7 m s.n.s.

Periodo: 72060612-82123121

Sect	Frec	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	17.3	188	163	152	115	130	108	63	31	12	26	6	2	2	0	4.0	1.50
30	5.9	490	260	109	52	26	20	16	13	8	3	2	0	1	0	1.5	0.88
60	6.2	375	128	118	66	58	48	58	51	28	49	13	5	2	2	3.2	1.02
90	14.2	177	79	83	60	85	94	108	87	70	124	28	5	1	0	6.2	1.97
120	4.4	428	54	53	51	82	76	82	62	48	56	7	1	0	1	4.0	1.31
150	3.7	594	93	83	39	48	66	44	16	8	8	1	0	0	0	1.7	0.86
180	6.5	365	181	150	95	97	64	27	11	7	3	0	0	0	0	2.5	1.26
210	6.9	352	117	134	138	121	83	32	9	5	7	0	0	1	0	3.0	1.45
240	17.8	135	82	110	123	142	120	87	70	37	64	22	4	2	0	5.3	1.77
270	10.0	231	94	78	76	81	84	74	61	45	101	41	20	9	3	5.7	1.46
300	2.7	718	50	71	47	41	34	16	7	7	9	0	0	0	0	0.9	0.69
330	4.4	519	119	85	45	52	51	33	26	14	37	10	2	6	1	2.1	0.82
Total	100.0	288	119	109	88	97	85	65	46	29	52	15	4	2	1	4.1	1.31

UTC	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dec	Año
0	2.6	2.5	2.5	2.4	2.2	1.8	1.6	1.4	1.4	2.4	2.2	3.0	2.2
3	2.7	2.6	2.3	2.2	1.7	1.5	1.2	1.1	1.5	2.1	2.9	3.7	2.2
6	3.5	3.0	3.0	2.7	2.0	1.5	1.6	1.5	1.9	3.0	3.6	3.7	2.6
9	3.5	3.4	3.0	3.6	3.3	3.9	3.6	3.3	2.7	2.9	3.6	3.8	3.4
12	3.9	4.9	5.6	6.1	5.8	6.0	5.7	5.5	5.5	5.2	4.2	4.1	5.2
15	4.6	5.9	6.2	6.5	6.5	6.2	5.9	5.7	6.0	5.6	4.9	5.2	5.7
18	3.0	4.4	4.7	5.1	5.2	5.2	4.8	4.6	4.7	3.9	3.1	3.7	4.4
21	2.0	2.8	2.7	3.1	2.9	2.9	2.5	2.5	2.3	2.2	2.0	2.5	2.5
Día	3.3	3.8	3.9	4.1	3.9	3.9	3.6	3.4	3.5	3.6	3.4	3.8	3.7

Clase de rugosidad 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	6.9	4.6	4.6	11.4	9.3	3.6	3.8	4.5	8.8	9.0	5.4	3.5	7.1
	1.69	1.29	0.99	1.96	1.54	0.92	1.19	1.39	1.95	1.69	1.11	0.85	1.37
25	7.5	5.1	5.0	12.4	10.1	4.0	4.1	5.0	9.6	9.8	5.9	3.8	7.7
	1.74	1.33	1.00	1.98	1.56	0.93	1.23	1.44	1.98	1.71	1.12	0.86	1.38
50	8.1	5.5	5.4	13.2	10.8	4.3	4.5	5.4	10.2	10.4	6.4	4.1	8.3
	1.78	1.37	1.02	2.01	1.58	0.95	1.26	1.47	2.04	1.75	1.15	0.87	1.40
100	8.7	5.9	5.7	14.1	11.4	4.6	4.8	5.8	10.9	11.1	6.8	4.4	8.9
	1.74	1.33	1.01	2.00	1.58	0.94	1.23	1.42	2.00	1.74	1.13	0.87	1.40
200	9.5	6.5	6.1	15.0	12.2	4.9	5.3	6.4	11.9	12.0	7.2	4.6	9.6
	1.66	1.26	0.99	1.97	1.55	0.91	1.16	1.35	1.93	1.69	1.11	0.86	1.38
Frec	13.8	8.9	6.2	12.1	7.0	3.8	5.7	6.8	15.0	12.1	4.6	3.9	100.0

Clase de rugosidad 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	4.8	1.9	3.9	8.6	5.2	1.7	2.6	3.2	6.4	6.4	1.5	2.6	4.9
	1.50	0.90	1.01	1.95	1.21	0.75	1.07	1.22	1.77	1.46	0.73	0.82	1.25
25	5.7	2.4	4.6	10.0	6.2	2.2	3.2	3.9	7.6	7.5	1.8	3.1	5.9
	1.61	0.96	1.04	1.99	1.25	0.80	1.15	1.31	1.86	1.50	0.76	0.84	1.29
50	6.7	2.9	5.2	11.2	7.0	2.7	3.8	4.6	8.6	8.4	2.2	3.6	6.7
	1.79	1.06	1.08	2.06	1.31	0.88	1.29	1.47	1.99	1.56	0.82	0.87	1.36
100	7.9	3.5	6.0	12.5	8.0	3.3	4.6	5.5	9.8	9.5	2.6	4.1	7.8
	1.91	1.13	1.15	2.19	1.40	0.93	1.37	1.56	2.14	1.67	0.87	0.92	1.45
200	9.7	4.3	6.8	14.2	9.2	4.0	5.6	6.8	11.6	10.9	3.1	4.6	9.1
	1.83	1.08	1.12	2.15	1.36	0.89	1.31	1.49	2.06	1.63	0.85	0.90	1.44
Frec	17.0	6.2	6.2	13.9	4.8	3.7	6.4	6.9	17.5	10.3	2.8	4.3	100.0

Clase de rugosidad 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	4.1	1.6	3.9	7.5	4.1	1.5	2.3	3.1	5.6	5.5	1.2	2.7	4.3
	1.49	0.85	1.09	1.96	1.13	0.77	1.09	1.20	1.76	1.45	0.72	0.92	1.25
25	5.1	2.0	4.7	9.0	5.0	2.0	2.9	3.9	6.8	6.7	1.5	3.3	5.3
	1.59	0.90	1.12	2.00	1.17	0.82	1.16	1.28	1.83	1.48	0.76	0.95	1.29
50	6.0	2.5	5.4	10.3	5.8	2.5	3.5	4.6	7.8	7.7	1.8	3.9	6.1
	1.74	0.99	1.15	2.06	1.21	0.89	1.27	1.41	1.94	1.54	0.81	0.98	1.35
100	7.2	3.0	6.3	11.6	6.8	3.1	4.2	5.6	9.1	8.8	2.3	4.6	7.2
	1.92	1.08	1.23	2.17	1.31	0.97	1.39	1.55	2.12	1.63	0.88	1.05	1.44
200	8.8	3.7	7.2	13.3	7.8	3.7	5.2	6.8	10.7	10.1	2.7	5.2	8.4
	1.84	1.03	1.21	2.17	1.28	0.93	1.34	1.48	2.05	1.62	0.85	1.03	1.45
Frec	16.6	5.9	6.5	13.8	4.4	3.9	6.5	7.6	17.4	9.5	2.8	5.2	100.0

Clase de rugosidad 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	3.2	1.5	3.7	5.8	3.0	1.4	1.9	2.8	4.4	4.3	1.1	2.5	3.4
	1.48	0.87	1.23	1.94	1.07	0.83	1.10	1.23	1.74	1.43	0.73	1.09	1.26
25	4.2	2.0	4.8	7.5	3.9	1.9	2.5	3.7	5.7	5.5	1.4	3.4	4.4
	1.56	0.91	1.25	1.97	1.10	0.88	1.17	1.30	1.79	1.46	0.76	1.13	1.29
50	5.1	2.5	5.7	8.8	4.6	2.3	3.1	4.5	6.8	6.6	1.7	4.1	5.3
	1.68	0.98	1.28	2.02	1.13	0.94	1.26	1.41	1.88	1.51	0.79	1.18	1.35
100	6.2	3.1	6.7	10.3	5.5	2.9	3.8	5.6	8.0	7.7	2.2	4.9	6.3
	1.91	1.10	1.35	2.11	1.21	1.06	1.43	1.60	2.04	1.58	0.85	1.27	1.44
200	7.5	3.7	7.7	11.9	6.4	3.5	4.6	6.8	9.5	8.9	2.6	5.8	7.5
	1.85	1.06	1.37	2.16	1.22	1.02	1.38	1.54	2.05	1.61	0.85	1.27	1.46
Frec	15.2	5.8	7.4	12.6	4.3	4.3	6.6	8.8	16.4	8.6	3.0	6.9	100.0

z	Clase 0		Clase 1		Clase 2		Clase 3	
10	6.5	524	4.6	220	4.0	145	3.1	69
25	7.1	666	5.4	338	4.9	248	4.1	146
50	7.5	789	6.1	450	5.6	349	4.9	230
100	8.1	974	7.0	612	6.5	485	5.8	340
200	8.7	1271	8.3	1004	7.7	791	6.8	550

Avilés

43° 33' 25" N 06° 01' 54" W UTM 29 E 739763 m N 4827035 m 100 m s.n.m.

Situada en el aeropuerto de Asturias, entre las estribaciones del Sistema Cantábrico (> 2000 m sobre el nivel del mar) hacia el S, y el mar en el N. La distancia a la línea de costa, orientada en su mayor parte en la dirección W-E, es de 2 km.

Sect	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Porc	Grad
0	0.03	500	0.20	2750	0.00							10	-9
30	0.03	500	0.20	2500	0.00							-7	-6
60	0.03	900	0.20	4500	0.00							-12	4
90	0.03	400	0.30									2	10
120	0.05	1000	0.30									20	5
150	0.05	1000	0.30									24	-3
180	0.05	1000	0.30									11	-9
210	0.10	1000	0.30									-7	-7
240	0.03	750	0.20									-9	4
270	0.03	1000	0.20	6000	0.03							5	9
300	0.03	1500	0.20	2750	0.00							18	5
330	0.03	750	0.20	2500	0.00							22	-3

Altura del anemómetro: 6.0 m s.n.s.

Periodo: 72060609-82123121

Sect	Frec	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	6.9	549	19	103	113	96	64	20	20	1	13	2	0	0	0	2.4	1.14
30	7.0	557	8	111	118	98	71	20	13	3	1	0	0	0	0	2.4	1.23
60	6.9	550	13	82	120	97	73	34	21	6	4	0	0	0	0	2.5	1.19
90	11.7	305	18	126	141	159	139	48	40	7	15	2	1	0	0	4.1	1.83
120	5.9	636	16	129	86	72	39	10	10	1	1	0	0	0	0	1.6	0.97
150	4.7	814	21	62	46	33	13	5	4	0	2	0	0	0	0	0.4	0.58
180	4.5	864	13	46	32	25	12	4	4	0	0	0	0	0	0	0.4	0.61
210	5.9	643	23	127	95	58	24	11	12	0	6	1	0	0	0	1.5	0.90
240	14.5	239	21	197	203	155	100	35	36	3	9	1	0	0	0	3.9	1.94
270	11.6	333	11	122	137	158	111	42	50	7	25	3	1	1	0	4.1	1.65
300	12.9	298	8	81	127	151	141	64	68	12	38	7	1	3	1	4.8	1.75
330	7.4	498	4	84	115	118	88	40	33	4	11	2	2	0	0	3.1	1.29
Tbtal	100.0	452	14	115	125	118	88	34	32	5	13	2	1	1	0	3.2	1.36

UTC	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dec	Año
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	2.4	2.2	2.4	1.6	1.8	1.3	1.0	1.2	1.5	2.2	2.2	2.5	1.8
9	2.6	2.3	2.7	2.6	2.5	2.6	2.4	1.8	1.8	2.2	1.9	2.5	2.3
12	2.7	3.3	4.2	4.5	4.3	4.2	4.5	4.0	3.7	3.1	2.7	2.3	3.6
15	2.8	3.8	4.7	5.0	4.5	4.2	4.5	4.2	4.0	3.4	2.8	2.4	3.9
18	2.0	2.3	3.2	4.0	3.5	3.6	3.6	3.1	2.6	1.9	1.8	1.7	2.8
21	2.2	1.9	2.0	2.1	1.4	1.7	1.6	1.3	1.0	1.4	1.6	1.7	1.6
Día	2.5	2.7	3.3	3.4	3.2	3.1	3.0	2.7	2.5	2.4	2.2	2.2	2.8

Clase de rugosidad 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	3.4	3.6	4.4	6.5	4.5	1.5	1.3	2.4	7.3	7.2	5.7	4.2	5.1
	1.20	1.21	1.31	1.91	1.42	0.90	0.86	0.88	2.09	2.09	1.67	1.43	1.43
25	3.7	4.0	4.9	7.2	4.9	1.7	1.5	2.6	8.0	7.9	6.3	4.7	5.6
	1.24	1.25	1.35	1.98	1.46	0.93	0.88	0.90	2.16	2.16	1.72	1.48	1.46
50	4.0	4.3	5.3	7.7	5.3	1.9	1.6	2.9	8.6	8.5	6.7	5.0	6.0
	1.26	1.28	1.39	2.03	1.50	0.95	0.90	0.93	2.22	2.21	1.76	1.51	1.49
100	4.3	4.6	5.7	8.3	5.7	2.0	1.7	3.1	9.3	9.2	7.3	5.4	6.5
	1.23	1.24	1.35	1.96	1.46	0.92	0.88	0.90	2.15	2.14	1.71	1.47	1.46
200	4.8	5.0	6.2	9.2	6.3	2.2	1.8	3.3	10.3	10.2	8.0	5.9	7.1
	1.17	1.18	1.28	1.86	1.38	0.88	0.84	0.86	2.03	2.03	1.62	1.39	1.40
Frec	6.3	7.8	9.5	10.4	6.2	3.8	4.0	6.0	14.6	13.6	10.8	6.8	100.0

Clase de rugosidad 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	2.2	2.3	3.1	4.8	1.8	0.5	0.6	1.9	5.3	4.9	3.8	2.3	3.4
	0.99	0.99	1.14	1.69	0.99	0.60	0.66	0.83	1.87	1.69	1.44	1.08	1.22
25	2.7	2.9	3.8	5.7	2.2	0.6	0.8	2.3	6.3	5.8	4.5	2.9	4.1
	1.06	1.07	1.23	1.82	1.06	0.63	0.70	0.88	2.01	1.83	1.56	1.16	1.30
50	3.2	3.4	4.5	6.7	2.7	0.8	1.0	2.8	7.3	6.8	5.3	3.4	4.9
	1.18	1.19	1.37	2.04	1.18	0.69	0.76	0.98	2.26	2.05	1.74	1.30	1.42
100	3.9	4.1	5.4	7.9	3.2	1.0	1.3	3.4	8.7	8.1	6.3	4.1	5.8
	1.25	1.26	1.46	2.17	1.26	0.73	0.81	1.04	2.41	2.19	1.86	1.38	1.48
200	4.8	5.1	6.7	9.8	4.0	1.2	1.5	4.1	10.8	10.0	7.8	5.1	7.2
	1.20	1.21	1.39	2.08	1.20	0.70	0.77	0.99	2.30	2.09	1.77	1.32	1.44
Frec	6.5	8.3	9.9	10.5	4.8	3.6	4.2	6.6	17.2	12.5	10.3	5.7	100.0

Clase de rugosidad 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	1.9	2.1	2.8	4.1	1.4	0.4	0.4	2.2	4.6	4.2	3.2	2.1	3.0
	0.99	1.02	1.15	1.65	0.92	0.60	0.56	0.97	1.87	1.69	1.44	1.09	1.22
25	2.4	2.7	3.5	5.1	1.7	0.6	0.5	2.7	5.7	5.2	4.0	2.6	3.7
	1.05	1.09	1.23	1.76	0.97	0.63	0.59	1.03	1.99	1.81	1.54	1.16	1.29
50	3.0	3.2	4.2	6.0	2.1	0.7	0.7	3.3	6.7	6.1	4.8	3.1	4.4
	1.16	1.20	1.36	1.95	1.06	0.68	0.63	1.13	2.21	2.00	1.70	1.28	1.40
100	3.6	4.0	5.1	7.1	2.6	0.9	0.9	4.0	7.9	7.3	5.7	3.8	5.3
	1.26	1.31	1.49	2.14	1.16	0.73	0.68	1.23	2.42	2.19	1.86	1.40	1.49
200	4.4	4.8	6.2	8.8	3.1	1.1	1.0	4.9	9.8	9.0	7.0	4.6	6.5
	1.21	1.26	1.42	2.05	1.12	0.70	0.66	1.19	2.32	2.10	1.78	1.34	1.45
Frec	6.6	8.5	9.9	10.2	4.5	3.6	4.3	7.5	17.2	12.2	9.7	5.8	100.0

Clase de rugosidad 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	1.5	1.7	2.3	3.1	1.0	0.7	0.4	2.4	3.6	3.2	2.5	1.6	2.4
	0.96	1.01	1.19	1.59	0.88	0.80	0.60	1.24	1.85	1.67	1.39	1.04	1.24
25	2.0	2.3	3.1	4.1	1.3	0.9	0.6	3.2	4.7	4.3	3.3	2.1	3.1
	1.01	1.07	1.26	1.69	0.93	0.84	0.62	1.31	1.96	1.77	1.48	1.10	1.29
50	2.5	2.8	3.8	5.0	1.7	1.1	0.8	3.9	5.7	5.2	4.0	2.6	3.8
	1.10	1.15	1.37	1.83	1.00	0.90	0.66	1.42	2.12	1.92	1.60	1.19	1.38
100	3.1	3.5	4.7	6.0	2.1	1.4	1.0	4.8	6.9	6.3	4.9	3.2	4.7
	1.24	1.30	1.55	2.08	1.13	1.01	0.73	1.62	2.42	2.18	1.81	1.35	1.53
200	3.7	4.3	5.7	7.3	2.5	1.7	1.2	5.8	8.4	7.6	6.0	3.9	5.7
	1.19	1.26	1.49	2.01	1.09	0.98	0.71	1.56	2.33	2.10	1.75	1.30	1.48
Frec	6.9	8.7	9.9	9.4	4.4	3.7	4.6	8.8	16.6	11.9	9.2	5.9	100.0

z	Clase 0		Clase 1		Clase 2		Clase 3	
10	4.6	176	3.2	76	2.8	50	2.2	24
25	5.0	222	3.8	117	3.4	86	2.9	51
50	5.4	267	4.4	156	4.0	121	3.5	81
100	5.9	354	5.2	244	4.8	185	4.2	122
200	6.5	510	6.5	494	5.9	364	5.2	233

Badajoz

38° 53' 00" N 06° 49' 45" W UTM 29 E 688302 m N 4306142 m 185 m s.n.m.

Situada a 14 km al E de la ciudad de Badajoz y a 3 km al W de la ciudad de Talavera la Real, en el valle del Guadiana.

La estación se encuentra en el aeropuerto de la Base Aérea de Talavera la Real y el anemómetro está instalado 1.5 m por encima de la cubierta de un edificio de 11.5 m de altura. Hay también edificios en los sectores E, S, y W.

Sect	z ₀₁	x ₁	z ₀₂	x ₂	z ₀₃	x ₃	z ₀₄	x ₄	z ₀₅	x ₅	z ₀₆	Porc	Grad
0	0.01	1000	0.25										
30	0.01	1250	0.25										
60	0.01	1250	0.25										
90	0.01	150	0.25										
120	0.01	100	0.30										
150	0.10	2000	0.30										
180	0.10	2000	0.30										
210	0.10	2000	0.30										
240	0.10	2000	0.30										
270	0.05	2000	0.30										
300	0.01	1500	0.30										
330	0.01	2000	0.25										

Altura del anemómetro: 13.0 m s.n.s.

Período: 72061218-82123115

Sect	Frec	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	6.7	441	75	101	73	104	88	48	27	18	21	2	1	0	2	3.0	1.13
30	4.2	602	50	79	84	63	68	20	15	6	10	0	0	0	3	1.9	0.86
60	6.9	405	59	120	104	114	91	45	27	13	19	2	2	0	0	3.3	1.32
90	9.7	328	105	134	107	112	100	55	29	15	13	1	1	0	0	3.4	1.41
120	4.4	607	71	109	59	69	35	28	10	6	5	0	0	0	0	1.6	0.91
150	3.5	732	57	53	28	51	33	22	10	7	7	0	0	0	0	0.9	0.66
180	5.9	445	51	92	88	89	108	51	34	19	20	1	0	0	2	3.2	1.23
210	7.3	355	55	107	112	110	97	57	47	31	26	3	0	0	0	3.8	1.46
240	15.2	192	78	134	126	155	129	88	50	21	25	3	1	0	0	4.6	1.92
270	22.2	138	65	136	129	164	149	91	62	34	30	2	0	0	0	5.0	2.16
300	8.6	334	46	92	100	126	123	80	46	23	27	3	0	0	0	4.2	1.64
330	5.4	455	52	80	82	100	89	54	32	26	28	2	0	0	0	3.2	1.24
Total	100.0	332	67	114	104	123	109	65	40	22	22	2	0	0	0	3.8	1.51

UTC	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dec	Año
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	1.7	2.2	2.1	1.9	2.1	2.0	1.9	1.6	1.1	1.6	1.2	2.0	1.8
9	2.0	2.7	3.2	3.5	3.6	3.3	3.0	2.7	2.1	2.6	1.7	2.2	2.7
12	3.6	4.7	4.7	4.5	4.4	4.0	3.9	3.4	3.3	4.1	3.4	3.9	4.0
15	4.1	4.6	5.1	5.1	5.0	4.6	4.6	4.5	4.0	4.2	3.7	4.1	4.4
18	2.8	3.6	4.4	4.9	5.1	4.8	4.8	4.6	3.6	3.0	2.3	2.6	3.9
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Día	2.9	3.6	3.9	3.9	4.0	3.7	3.6	3.3	2.8	3.1	2.5	3.0	3.4

Clase de rugosidad 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	4.6 1.37	3.6 1.14	4.3 1.40	5.7 1.61	4.8 1.38	2.3 0.89	4.4 1.23	6.1 1.62	7.3 2.13	7.6 2.45	6.9 2.26	5.2 1.66	6.0 1.68
25	5.1 1.41	4.0 1.18	4.8 1.44	6.3 1.66	5.3 1.42	2.5 0.92	4.9 1.26	6.7 1.67	8.0 2.20	8.3 2.52	7.6 2.33	5.8 1.71	6.5 1.72
50	5.5 1.44	4.3 1.21	5.1 1.48	6.8 1.71	5.8 1.46	2.7 0.94	5.3 1.29	7.2 1.71	8.6 2.26	8.9 2.59	8.2 2.39	6.2 1.75	7.0 1.76
100	5.9 1.40	4.7 1.17	5.5 1.43	7.3 1.65	6.2 1.41	2.9 0.91	5.7 1.26	7.7 1.66	9.3 2.19	9.7 2.51	8.9 2.31	6.7 1.70	7.6 1.72
200	6.5 1.33	5.1 1.11	6.1 1.36	8.1 1.56	6.8 1.34	3.2 0.87	6.2 1.19	8.5 1.57	10.3 2.07	10.8 2.37	9.8 2.19	7.4 1.61	8.4 1.63
Frec	6.1	5.2	5.8	8.4	6.6	3.9	4.9	6.8	12.0	19.5	14.0	6.7	100.0

Clase de rugosidad 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	3.0 1.12	2.1 0.90	3.1 1.26	4.1 1.38	2.7 1.02	1.3 0.73	3.4 1.15	4.2 1.40	5.1 1.83	5.3 2.05	4.5 1.75	3.3 1.29	4.1 1.43
25	3.7 1.21	2.5 0.97	3.8 1.36	4.9 1.49	3.3 1.10	1.6 0.78	4.2 1.24	5.1 1.51	6.1 1.98	6.3 2.22	5.4 1.88	4.0 1.38	4.9 1.53
50	4.4 1.35	3.1 1.07	4.4 1.52	5.8 1.67	3.9 1.23	2.0 0.86	4.9 1.38	6.0 1.69	7.1 2.22	7.3 2.49	6.2 2.12	4.7 1.55	5.7 1.69
100	5.3 1.44	3.7 1.14	5.3 1.62	6.9 1.77	4.7 1.30	2.4 0.91	5.9 1.47	7.1 1.80	8.4 2.37	8.7 2.65	7.4 2.26	5.6 1.65	6.8 1.78
200	6.5 1.37	4.6 1.09	6.6 1.54	8.6 1.70	5.8 1.24	2.9 0.87	7.3 1.40	8.9 1.72	10.5 2.26	10.8 2.53	9.2 2.15	7.0 1.58	8.5 1.72
Frec	6.5	4.6	6.5	9.1	5.3	3.7	5.5	7.1	13.9	21.2	10.7	5.9	100.0

Clase de rugosidad 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	2.7 1.13	1.7 0.87	2.8 1.29	3.6 1.39	2.1 0.96	0.9 0.68	3.1 1.19	3.7 1.42	4.5 1.87	4.6 2.08	3.7 1.67	2.8 1.25	3.5 1.43
25	3.4 1.21	2.1 0.92	3.5 1.38	4.5 1.48	2.6 1.02	1.2 0.72	3.9 1.26	4.6 1.52	5.6 2.00	5.7 2.22	4.6 1.78	3.5 1.33	4.4 1.52
50	4.0 1.33	2.6 1.01	4.1 1.52	5.3 1.64	3.2 1.12	1.5 0.78	4.6 1.39	5.5 1.68	6.5 2.22	6.7 2.46	5.4 1.97	4.1 1.47	5.2 1.65
100	4.9 1.46	3.2 1.10	5.0 1.67	6.4 1.80	3.9 1.23	1.9 0.85	5.6 1.52	6.6 1.85	7.8 2.44	7.9 2.70	6.5 2.17	5.0 1.61	6.3 1.79
200	6.0 1.39	3.9 1.06	6.1 1.60	7.9 1.72	4.7 1.17	2.3 0.81	6.8 1.46	8.1 1.77	9.6 2.33	9.8 2.59	8.0 2.07	6.1 1.54	7.7 1.73
Frec	6.6	4.4	6.7	9.3	4.8	3.6	5.7	7.2	14.7	21.8	9.5	5.6	100.0

Clase de rugosidad 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	2.0 1.11	1.4 0.90	2.3 1.31	2.8 1.40	1.3 0.88	0.8 0.71	2.5 1.23	3.0 1.48	3.5 1.90	3.6 2.10	2.8 1.58	2.1 1.23	2.8 1.44
25	2.8 1.17	1.9 0.95	3.0 1.39	3.8 1.49	1.8 0.92	1.1 0.74	3.4 1.30	4.0 1.56	4.7 2.01	4.8 2.22	3.7 1.68	2.8 1.29	3.7 1.51
50	3.4 1.27	2.3 1.02	3.7 1.51	4.6 1.61	2.3 0.99	1.4 0.80	4.2 1.41	4.9 1.69	5.7 2.18	5.8 2.42	4.5 1.82	3.5 1.40	4.5 1.62
100	4.2 1.44	2.9 1.15	4.5 1.71	5.6 1.83	2.9 1.12	1.9 0.89	5.1 1.60	5.9 1.93	6.8 2.49	6.9 2.76	5.4 2.07	4.3 1.59	5.5 1.81
200	5.1 1.39	3.5 1.11	5.5 1.65	6.8 1.77	3.5 1.08	2.3 0.86	6.2 1.54	7.2 1.86	8.3 2.40	8.5 2.65	6.6 2.00	5.2 1.53	6.7 1.76
Frec	6.5	4.4	6.9	9.4	4.4	3.6	6.0	7.8	15.7	21.4	8.4	5.5	100.0

z	Clase 0		Clase 1		Clase 2		Clase 3	
10	5.3	215	3.7	90	3.2	60	2.5	29
25	5.8	273	4.4	140	4.0	102	3.3	61
50	6.3	330	5.1	190	4.7	147	4.0	97
100	6.8	435	6.1	298	5.6	227	4.9	150
200	7.5	625	7.6	600	6.9	444	5.9	284

Barcelona

41° 17' 49" N 02° 04' 42" E UTM 31 E 422831 m N 4572211 m 5 m s.n.m.

Situada a 6 km S de la ciudad de Barcelona, y a 1 km de la costa mediterránea. El terreno es más bien llano y uniforme. Hay algunas colinas de más de 200 m en el sector W a una distancia superior a 12 km desde la estación.

Sect	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Porc	Grad
0	0.01	1000	0.10										
30	0.01	1250	0.10										
60	0.01	3500	0.10										
90	0.01	3000	0.10	4500	0.00								
120	0.01	250	0.10	2250	0.00								
150	0.01	250	0.05	1750	0.00								
180	0.01	500	0.05	2000	0.00								
210	0.01	250	0.05	600	0.10	3000	0.00						-2
240	0.01	500	0.05	6000	0.00								-17
270	0.01	250	0.05	2000	0.20								-10
300	0.01	250	0.05	1000	0.20								
330	0.01	500	0.05	1500	0.20								

Altura del anemómetro: 6.0 m.s.n.s.

Periodo: 72060603-85123118

Sect	Frec	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	20.1	131	97	226	194	150	104	63	24	8	4	0	0	0	0	3.9	2.00
30	7.5	333	72	143	132	110	86	62	33	15	11	1	1	0	0	3.5	1.48
60	7.3	320	33	95	108	113	111	91	65	27	30	3	2	1	0	4.4	1.64
90	7.0	336	42	104	114	127	106	78	51	14	21	4	2	1	0	4.1	1.58
120	5.3	464	39	115	119	110	75	47	18	7	5	1	0	0	0	2.9	1.33
150	5.6	447	44	131	121	114	70	44	22	5	3	0	0	0	0	2.9	1.38
180	9.1	275	47	147	147	138	120	81	32	8	5	0	0	0	0	3.9	1.87
210	10.2	245	32	94	118	140	137	114	77	27	13	1	0	0	0	4.8	2.12
240	8.4	277	35	95	111	121	123	105	75	33	24	0	0	0	0	4.6	1.89
270	5.1	474	39	83	65	82	77	71	57	28	21	3	1	0	0	3.2	1.19
300	4.5	536	31	77	74	68	73	59	44	20	15	2	1	0	0	2.7	1.08
330	10.0	240	61	181	172	136	94	64	33	11	6	2	0	0	0	3.8	1.78
Tótal	100.0	293	55	140	136	125	103	75	43	16	12	1	0	0	0	3.9	1.66

UTC	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dec	Año
0	2.8	2.0	1.7	1.5	1.1	0.8	0.8	1.0	1.4	1.7	2.5	3.3	1.7
3	3.4	2.8	2.1	1.8	1.3	1.2	1.0	1.3	1.6	2.5	3.2	3.8	2.2
6	3.6	3.2	2.8	2.6	2.0	2.0	2.0	2.2	2.5	3.2	3.5	3.9	2.8
9	4.3	4.1	4.0	3.5	3.3	3.3	3.1	2.9	3.1	4.1	4.2	4.3	3.7
12	3.9	4.0	4.8	5.2	5.1	5.1	5.3	4.9	4.5	3.8	3.5	4.1	4.5
15	3.7	4.8	5.3	5.3	5.1	5.4	5.4	5.1	4.9	4.3	3.4	3.7	4.7
18	2.1	2.6	4.0	4.0	3.8	4.1	4.1	3.6	2.9	2.1	1.9	2.3	3.1
21	2.2	1.8	2.0	1.8	1.7	1.6	1.4	1.4	1.2	1.5	1.8	2.6	1.8
Día	3.3	3.2	3.4	3.2	3.0	3.0	2.9	2.8	2.8	2.9	3.0	3.5	3.1

Clase de rugosidad 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	6.1 2.39	5.8 2.02	6.4 1.94	5.3 1.58	4.2 1.38	3.8 1.38	4.9 1.80	7.3 1.95	7.1 1.92	6.3 1.66	5.0 1.32	6.2 2.06	5.9 1.78
25	6.7 2.47	6.3 2.08	7.0 2.00	5.9 1.63	4.6 1.42	4.2 1.42	5.4 1.86	8.0 2.01	7.8 1.98	6.8 1.71	5.5 1.35	6.8 2.12	6.5 1.83
50	7.2 2.53	6.8 2.13	7.6 2.06	6.3 1.67	5.0 1.46	4.5 1.46	5.8 1.91	8.6 2.07	8.3 2.04	7.4 1.76	5.9 1.39	7.3 2.18	6.9 1.87
100	7.8 2.45	7.3 2.07	8.2 1.99	6.8 1.62	5.4 1.42	4.8 1.41	6.3 1.85	9.4 2.00	9.0 1.97	8.0 1.70	6.3 1.35	7.9 2.11	7.5 1.81
200	8.6 2.32	8.1 1.96	9.0 1.88	7.5 1.54	5.9 1.34	5.3 1.34	6.9 1.75	10.3 1.90	10.0 1.87	8.8 1.61	6.9 1.29	8.7 2.00	8.3 1.73
Frec	18.1	10.0	7.4	7.1	5.6	5.5	8.4	9.9	8.8	5.7	4.6	8.9	100.0

Clase de rugosidad 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	4.3 2.01	3.8 1.51	4.6 1.67	3.5 1.31	2.6 1.12	2.6 1.20	3.6 1.53	5.4 1.76	4.7 1.56	3.8 1.21	3.4 1.15	4.3 1.82	4.0 1.50
25	5.1 2.17	4.6 1.63	5.5 1.80	4.2 1.41	3.2 1.21	3.2 1.29	4.3 1.65	6.5 1.90	5.7 1.68	4.6 1.29	4.1 1.24	5.2 1.96	4.9 1.61
50	5.9 2.44	5.4 1.83	6.4 2.02	5.0 1.58	3.8 1.35	3.8 1.44	5.0 1.86	7.5 2.13	6.6 1.88	5.3 1.42	4.9 1.39	6.0 2.20	5.7 1.79
100	7.0 2.59	6.4 1.94	7.6 2.15	5.9 1.69	4.5 1.43	4.5 1.53	6.0 1.98	8.9 2.27	7.8 2.01	6.3 1.52	5.8 1.48	7.2 2.35	6.8 1.90
200	8.7 2.47	7.9 1.86	9.4 2.05	7.3 1.61	5.6 1.37	5.6 1.47	7.4 1.89	11.1 2.17	9.7 1.92	7.7 1.46	7.2 1.41	8.9 2.24	8.4 1.83
Frec	19.5	7.5	7.3	6.9	5.3	5.8	9.0	10.2	8.2	5.1	4.8	10.5	100.0

Clase de rugosidad 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	3.7 1.99	3.4 1.52	3.9 1.66	3.0 1.30	2.3 1.13	2.4 1.25	3.3 1.50	4.7 1.73	4.0 1.51	3.2 1.19	3.1 1.25	3.8 1.84	3.5 1.51
25	4.6 2.13	4.2 1.63	4.9 1.77	3.7 1.39	2.9 1.21	3.0 1.33	4.1 1.60	5.8 1.85	5.0 1.62	4.0 1.26	3.9 1.33	4.7 1.97	4.4 1.60
50	5.4 2.36	5.0 1.79	5.7 1.96	4.4 1.53	3.4 1.33	3.6 1.47	4.8 1.77	6.8 2.05	5.9 1.79	4.8 1.38	4.7 1.47	5.5 2.18	5.2 1.76
100	6.4 2.59	6.0 1.98	6.8 2.16	5.3 1.68	4.1 1.45	4.3 1.61	5.7 1.94	8.1 2.25	7.1 1.96	5.7 1.51	5.6 1.62	6.5 2.39	6.2 1.92
200	7.9 2.48	7.3 1.89	8.4 2.06	6.6 1.61	5.1 1.39	5.3 1.54	7.1 1.86	10.0 2.15	8.7 1.88	6.9 1.45	6.9 1.54	8.0 2.29	7.6 1.84
Frec	18.3	7.5	7.3	6.7	5.4	6.1	9.0	10.0	7.9	5.0	5.3	11.5	100.0

Clase de rugosidad 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	2.9 1.99	2.7 1.55	3.0 1.65	2.3 1.28	1.8 1.11	2.0 1.29	2.7 1.48	3.6 1.71	3.1 1.47	2.5 1.20	2.6 1.38	3.0 1.88	2.8 1.51
25	3.8 2.11	3.6 1.64	4.0 1.75	3.1 1.35	2.3 1.17	2.7 1.37	3.6 1.57	4.8 1.81	4.1 1.55	3.4 1.26	3.5 1.46	3.9 1.99	3.7 1.60
50	4.7 2.30	4.4 1.78	4.9 1.90	3.8 1.47	2.9 1.27	3.2 1.48	4.4 1.71	5.8 1.96	5.0 1.69	4.1 1.36	4.3 1.58	4.7 2.16	4.5 1.72
100	5.6 2.62	5.3 2.03	5.9 2.16	4.6 1.67	3.6 1.44	4.0 1.68	5.3 1.94	6.9 2.24	6.1 1.92	5.0 1.53	5.2 1.79	5.7 2.46	5.4 1.94
200	6.8 2.52	6.5 1.95	7.2 2.08	5.6 1.61	4.3 1.39	4.8 1.62	6.5 1.87	8.5 2.15	7.4 1.85	6.1 1.48	6.3 1.73	6.9 2.37	6.6 1.88
Frec	16.7	7.4	7.3	6.5	5.4	6.6	9.1	9.8	7.6	4.9	6.0	12.8	100.0

z	Clase 0		Clase 1		Clase 2		Clase 3	
10	5.2	191	3.7	80	3.2	53	2.5	26
25	5.7	243	4.4	125	3.9	92	3.3	55
50	6.2	293	5.1	169	4.6	132	4.0	87
100	6.7	386	6.0	266	5.5	202	4.8	134
200	7.4	553	7.5	533	6.8	397	5.9	253

El Hierro

27° 48' 46" N 17° 53' 07" W UTM 28 E 215743 m N 3079847 m 31 m s.n.m.

Situada en la costa E de la isla de Hierro. La parte E de la isla forma un profundo acantilado – desde el nivel del mar hasta más de 1100 m de altitud a unos 5 km.

Sect	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Porc	Grad
0	0.01	150	0.00									-4	
30	0.01	100	0.00									-3	
60	0.01	100	0.00										
90	0.01	100	0.00										
120	0.01	200	0.00										
150	0.01	500	0.00										
180	0.01	750	0.10	1500	0.00								
210	0.01	250	0.10	3000	0.03								
240	0.01	200	0.10	1250	0.30								
270	0.01	250	0.10	1500	0.30	10000	0.00						
300	0.01	500	0.30	6000	0.00								
330	0.01	750	0.03	4000	0.00								

Altura del anemómetro: 6.0 m s.n.s.

Periodo: 73080315–82123115

Sect	Frec	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	17.0	40	6	24	33	81	117	76	104	65	319	80	34	18	2	9.3	2.90
30	54.6	8	3	10	17	68	109	81	108	114	359	85	30	7	0	9.5	4.18
60	6.8	76	6	25	69	115	124	110	143	68	200	42	11	10	0	7.8	2.59
90	2.8	302	17	189	126	156	103	30	28	10	26	7	0	6	0	3.9	1.45
120	0.8	424	31	144	103	124	40	15	46	39	28	5	0	0	0	3.2	1.20
150	1.6	271	10	89	88	166	202	81	34	10	45	2	0	2	0	5.0	2.14
180	9.0	66	26	86	102	158	296	98	52	20	80	11	3	1	0	6.1	2.47
210	2.2	180	14	52	130	106	180	40	117	71	60	24	12	14	2	6.2	1.81
240	1.2	507	10	26	192	37	168	0	29	7	18	3	0	3	0	3.3	1.30
270	0.8	642	5	20	113	81	25	0	27	0	77	0	0	5	5	2.3	0.80
300	0.9	708	0	17	35	64	41	37	14	17	19	5	20	10	14	1.8	0.67
330	2.4	159	0	64	47	112	219	39	104	25	136	31	15	7	40	6.5	1.37
Total	100.0	64	7	30	42	88	133	78	99	83	278	66	24	8	2	8.6	2.81

UTC	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dec	Año
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	0.0	0.0	0.0	12.9	0.0	7.2	0.0	5.1	0.0	0.0	0.0	0.0	8.4
6	0.0	0.0	12.9	5.1	0.0	5.1	10.3	11.3	0.0	0.0	0.0	6.2	8.5
9	5.7	6.3	7.6	7.1	7.8	7.6	9.7	8.8	6.8	6.4	5.6	5.5	7.1
12	6.3	6.5	7.8	7.4	7.9	7.9	9.6	8.6	6.8	6.5	6.0	6.3	7.3
15	6.4	6.9	7.8	7.2	8.1	8.0	9.7	8.8	7.3	6.6	6.2	6.3	7.4
18	6.4	6.8	7.9	7.3	8.3	8.0	9.7	9.7	8.0	6.4	5.0	5.0	7.5
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Día	6.2	6.6	7.7	7.2	7.9	7.9	9.7	8.8	7.0	6.5	5.9	6.0	7.3

Clase de rugosidad 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	10.3 2.92	10.4 4.15	9.0 2.86	4.8 1.51	3.6 1.26	5.7 2.02	7.5 2.35	9.1 1.94	6.9 1.69	3.8 0.85	2.7 0.68	8.4 1.39	9.6 2.74
25	11.2 2.99	11.3 4.26	9.9 2.95	5.3 1.56	4.0 1.30	6.2 2.08	8.2 2.43	9.9 1.98	7.6 1.74	4.1 0.86	2.9 0.69	9.1 1.40	10.4 2.80
50	12.0 3.07	12.1 4.38	10.6 3.03	5.7 1.60	4.3 1.33	6.7 2.14	8.8 2.49	10.6 2.03	8.2 1.78	4.4 0.87	3.1 0.69	9.7 1.43	11.2 2.86
100	12.9 3.00	13.1 4.25	11.5 2.94	6.1 1.55	4.7 1.29	7.2 2.07	9.5 2.41	11.3 1.99	8.8 1.74	4.7 0.87	3.3 0.69	10.4 1.42	12.1 2.81
200	14.1 2.88	14.5 4.05	12.7 2.78	6.7 1.47	5.1 1.23	8.0 1.96	10.6 2.28	12.3 1.93	9.6 1.66	5.0 0.85	3.5 0.69	11.1 1.39	13.3 2.72
Frec	15.9	51.8	10.4	3.1	1.0	1.5	8.3	2.8	1.3	0.8	0.9	2.3	100.0

Clase de rugosidad 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	7.2 2.86	7.2 3.47	5.5 2.02	2.8 1.26	2.8 1.15	4.6 1.92	5.2 1.90	6.7 1.76	4.0 1.23	2.2 0.73	3.7 0.92	6.7 1.76	6.7 2.43
25	8.5 3.05	8.6 3.73	6.6 2.18	3.4 1.36	3.4 1.24	5.5 2.07	6.3 2.05	7.9 1.83	4.8 1.31	2.7 0.74	4.4 0.94	7.9 1.83	7.9 2.57
50	9.8 3.36	9.8 4.15	7.6 2.45	4.1 1.52	4.0 1.39	6.4 2.33	7.2 2.31	9.0 1.93	5.6 1.44	3.0 0.76	5.0 0.97	9.0 1.95	9.1 2.80
100	11.4 3.60	11.6 4.43	9.0 2.61	4.8 1.62	4.8 1.48	7.6 2.48	8.6 2.45	10.2 2.07	6.6 1.54	3.5 0.80	5.7 1.02	10.3 2.09	10.7 2.97
200	13.9 3.45	14.3 4.24	11.2 2.49	6.0 1.54	5.9 1.41	9.4 2.37	10.7 2.35	11.9 2.01	7.9 1.48	3.9 0.79	6.4 1.00	12.1 2.03	13.1 2.90
Frec	22.4	47.7	6.2	2.5	0.9	2.7	8.0	2.1	1.1	0.8	1.1	4.6	100.0

Clase de rugosidad 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	6.3 2.91	6.3 3.41	4.7 1.94	2.4 1.23	2.6 1.21	4.1 1.96	4.6 1.89	5.8 1.76	3.4 1.22	1.9 0.71	3.9 1.04	6.0 1.92	5.8 2.42
25	7.7 3.08	7.7 3.63	5.8 2.07	3.1 1.32	3.2 1.29	5.1 2.09	5.7 2.03	7.1 1.82	4.3 1.28	2.3 0.73	4.7 1.06	7.3 1.99	7.1 2.54
50	8.9 3.35	8.9 3.98	6.8 2.30	3.7 1.45	3.8 1.43	6.0 2.31	6.7 2.24	8.1 1.91	5.0 1.39	2.7 0.74	5.4 1.10	8.4 2.12	8.3 2.74
100	10.4 3.68	10.6 4.37	8.1 2.52	4.4 1.59	4.6 1.56	7.2 2.55	7.9 2.46	9.4 2.08	6.0 1.52	3.1 0.77	6.3 1.17	9.7 2.32	9.8 2.97
200	12.7 3.54	12.9 4.19	9.9 2.41	5.4 1.52	5.7 1.50	8.8 2.44	9.8 2.36	10.9 2.03	7.2 1.47	3.5 0.77	7.2 1.16	11.5 2.25	11.9 2.90
Frec	25.4	43.9	5.9	2.3	1.0	3.3	7.4	2.0	1.1	0.8	1.2	5.7	100.0

Clase de rugosidad 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	4.9 3.11	4.8 3.46	3.5 1.84	2.0 1.24	2.2 1.32	3.3 2.06	3.6 1.81	4.4 1.71	2.5 1.13	1.4 0.71	3.5 1.20	4.7 2.10	4.5 2.46
25	6.4 3.28	6.3 3.66	4.7 1.95	2.6 1.31	2.9 1.40	4.4 2.19	4.8 1.92	5.7 1.76	3.3 1.18	1.9 0.72	4.6 1.23	6.1 2.19	5.9 2.58
50	7.6 3.53	7.6 3.97	5.6 2.12	3.2 1.42	3.5 1.51	5.3 2.38	5.8 2.09	6.8 1.84	4.1 1.25	2.2 0.73	5.5 1.27	7.3 2.31	7.1 2.75
100	9.1 4.00	9.1 4.51	6.8 2.41	3.9 1.62	4.3 1.72	6.4 2.71	6.9 2.38	8.0 1.99	4.9 1.38	2.7 0.75	6.5 1.34	8.7 2.55	8.5 3.04
200	11.1 3.87	11.1 4.35	8.3 2.33	4.7 1.56	5.3 1.66	7.8 2.61	8.5 2.30	9.4 1.99	5.9 1.36	3.1 0.77	7.6 1.36	10.4 2.52	10.3 2.99
Frec	29.6	38.6	5.5	2.0	1.1	4.2	6.6	1.9	1.1	0.9	1.4	7.4	100.0

z	Clase 0		Clase 1		Clase 2		Clase 3	
10	8.5	559	5.9	203	5.1	134	4.0	62
25	9.3	721	7.0	330	6.3	240	5.3	136
50	10.0	877	8.1	475	7.4	363	6.3	229
100	10.8	1117	9.5	744	8.7	571	7.6	374
200	11.8	1512	11.7	1388	10.6	1043	9.2	674

Fuerteventura

28° 27' 00" N 13° 51' 00" W UTM 28 E 612606 m N 3147636 m 17 m s.n.m.

Situada en el aeropuerto, cerca del mar, a unos 3 km al S de la ciudad de Puerto del Rosario. El mar se encuentra hacia el E y la línea de costa sigue la dirección N-S. A 8 km al oeste se encuentra la montaña Rosa del Taco (593 m).

Sect	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Porc	Grad
0	0.01	2500	0.00	5000	0.30								
30	0.01	1250	0.00										
60	0.01	500	0.00										
90	0.01	500	0.00										
120	0.01	750	0.00										
150	0.01	900	0.00										
180	0.01	1000	0.20										
210	0.01	1000	0.20										
240	0.01	750	0.20										
270	0.01	700	0.20										
300	0.01	750	0.20										
330	0.01	750	0.20										

Altura del anemómetro: 6.0 m s.n.s.

Perfodo: 72060612-82123118

Sect	Frec	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	20.0	39	19	54	83	143	136	154	140	103	106	20	3	0	0	7.0	2.88
30	24.4	29	11	29	39	73	85	143	166	157	213	47	7	0	0	8.3	3.75
60	21.6	34	7	20	41	87	103	167	170	157	180	28	3	1	0	8.0	3.70
90	5.0	134	28	65	140	156	144	134	95	59	43	1	0	0	0	5.6	2.42
120	2.2	302	52	108	150	134	121	48	68	10	7	0	0	0	0	4.0	1.81
150	2.4	277	18	55	125	120	116	101	76	41	48	12	3	9	0	5.2	1.70
180	2.3	306	19	60	94	107	86	126	88	46	52	12	1	0	2	5.3	1.53
210	1.8	473	17	47	44	65	35	96	88	52	64	6	14	0	0	4.2	1.26
240	1.6	349	33	68	86	90	71	82	77	46	59	31	5	2	2	4.8	1.42
270	2.4	286	41	100	94	73	58	81	79	56	87	36	5	3	0	5.1	1.46
300	6.0	129	38	116	157	145	76	87	65	75	78	20	3	6	5	5.4	1.53
330	10.4	70	37	130	179	197	100	89	79	58	56	3	1	0	0	5.2	1.91
Tbtal	100.0	85	19	55	83	115	103	134	132	112	131	25	4	1	0	7.2	2.76

UTC	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dec	Año
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	4.2	4.8	5.4	4.4	5.6	5.4	6.0	5.5	4.2	3.9	4.1	4.1	4.8
9	4.4	4.6	5.8	5.7	6.8	6.6	7.0	6.9	5.3	4.3	4.1	4.5	5.5
12	5.9	6.4	7.1	7.2	7.6	7.4	8.1	7.8	6.4	6.1	5.8	5.6	6.8
15	6.2	6.7	7.5	7.5	7.9	7.8	8.4	8.2	7.1	6.4	5.8	6.0	7.1
18	5.5	6.4	7.5	7.5	7.9	7.8	8.3	7.9	6.6	6.3	5.4	5.1	6.8
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Día	5.3	5.8	6.7	6.5	7.2	7.0	7.6	7.2	5.9	5.4	5.1	5.1	6.2

Clase de rugosidad 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	10.4 3.23	10.0 3.57	9.4 3.65	7.9 2.81	5.4 1.96	6.0 1.68	8.1 2.06	7.4 1.57	7.8 1.54	8.5 1.62	9.1 1.73	8.8 2.18	9.3 2.64
25	11.3 3.31	11.0 3.67	10.3 3.76	8.7 2.90	5.9 2.02	6.6 1.73	8.9 2.12	8.1 1.60	8.5 1.57	9.3 1.65	9.9 1.75	9.6 2.23	10.2 2.71
50	12.1 3.40	11.8 3.77	11.1 3.87	9.3 2.98	6.3 2.08	7.1 1.77	9.6 2.18	8.7 1.64	9.1 1.61	9.9 1.68	10.6 1.79	10.3 2.30	10.9 2.77
100	13.1 3.32	12.7 3.67	12.0 3.74	10.1 2.88	6.8 2.01	7.7 1.72	10.3 2.12	9.3 1.61	9.7 1.58	10.6 1.67	11.3 1.77	11.1 2.24	11.8 2.72
200	14.3 3.17	14.1 3.48	13.3 3.55	11.2 2.73	7.6 1.90	8.5 1.63	11.3 2.03	10.0 1.56	10.4 1.54	11.4 1.62	12.1 1.73	12.1 2.15	13.0 2.62
Frec	18.4	23.8	22.1	7.8	2.7	2.4	2.3	1.9	1.6	2.2	5.3	9.6	100.0

Clase de rugosidad 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	7.3 2.91	6.9 3.07	6.4 3.07	4.5 2.02	3.3 1.49	4.2 1.43	5.8 1.80	4.8 1.27	5.6 1.42	5.9 1.48	6.3 1.59	6.1 2.01	6.4 2.29
25	8.6 3.11	8.2 3.31	7.6 3.31	5.4 2.18	3.9 1.61	5.1 1.54	6.9 1.91	5.7 1.33	6.6 1.48	7.0 1.52	7.5 1.65	7.3 2.15	7.7 2.43
50	9.9 3.43	9.4 3.72	8.8 3.72	6.2 2.45	4.6 1.81	6.0 1.73	7.9 2.11	6.5 1.41	7.4 1.56	7.9 1.61	8.4 1.74	8.4 2.38	8.8 2.66
100	11.5 3.67	11.1 3.96	10.4 3.96	7.4 2.61	5.4 1.92	7.1 1.85	9.3 2.26	7.5 1.51	8.5 1.68	9.0 1.73	9.6 1.86	9.8 2.55	10.3 2.85
200	14.1 3.52	13.9 3.78	12.9 3.78	9.2 2.49	6.8 1.84	8.8 1.76	11.3 2.17	8.7 1.46	9.9 1.63	10.4 1.67	11.1 1.81	12.0 2.44	12.7 2.77
Frec	20.3	24.3	21.0	4.9	2.2	2.4	2.3	1.8	1.6	2.5	6.1	10.7	100.0

Clase de rugosidad 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	6.3 2.97	5.9 3.03	5.5 3.03	3.9 2.00	2.9 1.45	3.7 1.43	5.0 1.77	4.2 1.29	4.8 1.43	5.2 1.51	5.4 1.58	5.4 2.06	5.6 2.29
25	7.7 3.15	7.3 3.25	6.8 3.25	4.8 2.14	3.6 1.55	4.6 1.52	6.1 1.87	5.2 1.34	5.9 1.48	6.3 1.55	6.6 1.63	6.6 2.18	6.8 2.41
50	9.0 3.45	8.5 3.60	7.9 3.60	5.6 2.37	4.2 1.71	5.5 1.69	7.1 2.03	6.0 1.41	6.8 1.56	7.3 1.63	7.6 1.72	7.7 2.38	8.0 2.61
100	10.6 3.79	10.1 3.95	9.4 3.95	6.7 2.60	5.1 1.88	6.6 1.85	8.4 2.23	7.0 1.54	7.9 1.70	8.4 1.77	8.7 1.87	9.1 2.62	9.4 2.86
200	12.9 3.63	12.5 3.78	11.6 3.78	8.2 2.49	6.2 1.80	8.1 1.77	10.2 2.15	8.2 1.49	9.2 1.65	9.8 1.73	10.1 1.82	11.1 2.51	11.5 2.78
Frec	20.6	24.1	19.8	4.7	2.2	2.3	2.3	1.8	1.7	2.7	6.4	11.4	100.0

Clase de rugosidad 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	4.9 3.05	4.6 3.03	4.3 2.98	3.0 1.94	2.3 1.45	3.0 1.41	3.8 1.73	3.4 1.34	3.8 1.44	4.1 1.54	4.2 1.65	4.3 2.19	4.4 2.31
25	6.5 3.22	6.0 3.21	5.6 3.16	3.9 2.06	3.1 1.53	3.9 1.49	5.0 1.81	4.4 1.38	4.9 1.48	5.4 1.59	5.5 1.71	5.7 2.31	5.7 2.42
50	7.8 3.47	7.3 3.49	6.7 3.44	4.7 2.24	3.8 1.66	4.8 1.62	6.1 1.94	5.3 1.45	5.9 1.54	6.4 1.65	6.6 1.79	6.9 2.48	6.9 2.58
100	9.2 3.94	8.7 3.97	8.1 3.91	5.7 2.55	4.6 1.89	5.8 1.84	7.3 2.18	6.3 1.57	7.0 1.66	7.5 1.78	7.7 1.94	8.2 2.82	8.2 2.88
200	11.2 3.80	10.6 3.82	9.9 3.77	7.0 2.45	5.6 1.82	7.1 1.77	8.7 2.12	7.5 1.57	8.2 1.67	8.8 1.79	9.1 1.94	9.9 2.72	10.0 2.83
Frec	21.0	23.9	18.1	4.4	2.2	2.3	2.2	1.7	1.8	3.1	6.9	12.3	100.0

z	Clase 0		Clase 1		Clase 2		Clase 3	
10	8.3	531	5.7	192	4.9	124	3.9	59
25	9.1	683	6.8	309	6.1	221	5.1	129
50	9.7	829	7.8	442	7.1	333	6.1	214
100	10.5	1057	9.2	689	8.4	521	7.3	346
200	11.5	1432	11.3	1294	10.2	964	8.9	624

Gerona

41° 54' 05" N 02° 45' 40" E UTM 31 E 480184 m N 4638937 m 128 m s.n.m.

Situada en un gran llano unos 100–150 m sobre el nivel del mar. Hacia el W se encuentran algunas colinas de unos 30-m de altura. El anemómetro se encuentra en un edificio de 7-m de altura, a 6 m por encima de la cubierta. La estación está resguardada, en el sector W, por unos árboles que aparecen a una distancia de 200–300 m.

Sect	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Porc	Grad
0	0.30											-10	
30	0.30											-1	
60	0.30												
90	0.01	500	0.30										
120	0.01	500	0.30										
150	0.01	750	0.30										
180	0.01	2000	0.30									-1	
210	0.30											-9	
240	0.30											-7	
270	0.30											-11	
300	0.30											-11	
330	0.30											-12	

Altura del anemómetro: 13.0 m s.n.s.

Período: 72060603–82123118

Sect	Frec	< 1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	13.6	367	29	85	126	124	99	57	35	22	43	9	3	1	0	4.1	1.45
30	7.0	687	15	59	85	53	38	23	15	11	13	1	0	0	0	1.4	0.78
60	6.2	788	14	52	66	38	24	8	5	1	3	1	0	0	0	0.6	0.61
90	7.3	712	23	60	79	56	40	16	4	4	6	0	0	0	0	1.1	0.75
120	8.3	582	28	81	111	77	52	33	17	10	8	1	0	0	0	2.2	1.03
150	13.8	354	18	84	113	125	112	74	47	29	39	3	2	0	0	4.3	1.60
180	13.5	377	19	82	123	120	99	64	41	29	42	4	0	0	0	4.1	1.51
210	6.0	830	14	38	41	20	19	12	13	5	7	1	0	0	0	0.4	0.52
240	5.5	878	5	32	31	10	10	9	10	7	7	1	0	0	0	0.2	0.44
270	6.3	796	21	76	67	18	7	7	3	3	1	1	0	0	0	0.5	0.60
300	6.0	805	20	62	57	26	12	9	4	1	2	0	2	0	0	0.5	0.56
330	6.6	691	18	87	91	48	29	10	7	7	6	4	0	1	1	1.2	0.76
Total	100.0	589	20	71	92	74	58	35	22	14	20	3	1	0	0	2.3	0.98

UTC	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dec	Año
0	1.1	0.9	0.9	0.7	0.5	0.3	0.4	0.5	0.5	0.7	0.5	1.3	0.6
3	0.9	0.9	0.7	0.7	0.4	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	1.0	0.5
6	0.9	0.9	0.7	0.8	0.6	0.4	0.3	0.3	0.5	0.7	0.6	1.2	0.6
9	1.2	1.2	1.7	2.1	2.1	2.0	1.7	1.5	1.3	1.0	0.9	1.1	1.5
12	2.1	3.3	3.8	4.2	4.5	4.2	4.1	4.0	3.1	3.3	2.3	2.2	3.4
15	3.3	4.1	5.3	5.5	5.4	5.2	5.8	5.5	4.7	4.3	3.2	3.2	4.6
18	1.8	2.4	3.4	3.9	4.0	3.7	4.3	3.7	3.1	2.0	1.2	1.7	2.9
21	1.2	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0	0.9	0.9	0.8	1.0	0.8	1.4	1.0
Día	1.7	2.1	2.5	2.5	2.4	2.2	2.3	2.1	1.8	1.7	1.4	1.7	2.0

Clase de rugosidad 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	7.2 1.37	6.0 1.26	1.8 0.77	1.7 0.81	2.9 1.06	5.8 1.67	6.1 1.81	4.1 1.22	0.6 0.49	0.9 0.59	1.1 0.63	1.9 0.70	3.8 1.02
25	7.8 1.38	6.5 1.27	2.0 0.79	1.9 0.83	3.2 1.10	6.3 1.73	6.7 1.87	4.5 1.26	0.6 0.50	1.0 0.60	1.2 0.65	2.1 0.71	4.2 1.03
50	8.3 1.41	7.0 1.31	2.2 0.81	2.0 0.85	3.4 1.12	6.8 1.77	7.2 1.92	4.9 1.29	0.7 0.50	1.0 0.61	1.3 0.66	2.3 0.73	4.5 1.05
100	8.9 1.40	7.5 1.29	2.4 0.79	2.2 0.83	3.7 1.09	7.3 1.71	7.8 1.86	5.3 1.25	0.7 0.50	1.1 0.60	1.4 0.65	2.4 0.72	4.9 1.04
200	9.5 1.37	8.0 1.25	2.5 0.76	2.3 0.79	4.0 1.04	8.1 1.62	8.6 1.76	5.7 1.19	0.7 0.49	1.2 0.58	1.5 0.63	2.5 0.70	5.3 1.02
Frec	10.7	9.7	6.5	6.9	7.9	11.6	13.6	8.9	5.7	5.9	6.2	6.4	100.0

Clase de rugosidad 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	5.5 1.35	3.0 0.95	1.2 0.70	1.2 0.76	2.1 0.97	4.3 1.50	4.1 1.49	1.6 0.75	0.9 0.60	1.1 0.71	1.1 0.69	1.6 0.70	2.7 0.95
25	6.5 1.40	3.6 0.99	1.5 0.75	1.5 0.81	2.6 1.03	5.1 1.62	4.9 1.61	2.0 0.80	1.0 0.62	1.4 0.75	1.4 0.73	1.9 0.72	3.2 0.99
50	7.4 1.47	4.2 1.05	1.8 0.82	1.9 0.90	3.1 1.15	6.0 1.82	5.7 1.81	2.4 0.86	1.3 0.66	1.8 0.83	1.8 0.80	2.2 0.75	3.8 1.06
100	8.4 1.57	4.9 1.12	2.2 0.87	2.3 0.95	3.8 1.22	7.1 1.93	6.8 1.92	2.9 0.91	1.5 0.70	2.2 0.88	2.2 0.85	2.6 0.80	4.6 1.12
200	9.7 1.52	5.7 1.09	2.7 0.83	2.8 0.91	4.7 1.17	8.8 1.85	8.4 1.84	3.4 0.88	1.8 0.68	2.6 0.84	2.6 0.81	3.0 0.77	5.5 1.10
Frec	12.3	8.2	6.3	7.2	8.1	13.0	13.6	6.9	5.6	6.1	6.1	6.5	100.0

Clase de rugosidad 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	4.9 1.39	2.1 0.87	0.9 0.68	1.0 0.74	1.9 0.99	3.8 1.54	3.5 1.49	1.1 0.68	0.6 0.58	1.0 0.72	1.0 0.69	1.5 0.72	2.3 0.94
25	6.0 1.44	2.6 0.90	1.2 0.72	1.3 0.78	2.5 1.06	4.7 1.65	4.4 1.59	1.4 0.71	0.8 0.59	1.3 0.76	1.3 0.73	1.8 0.74	2.9 0.98
50	6.9 1.50	3.1 0.95	1.5 0.78	1.6 0.85	3.0 1.16	5.6 1.83	5.2 1.76	1.7 0.75	1.0 0.62	1.6 0.83	1.6 0.79	2.2 0.77	3.5 1.04
100	8.0 1.62	3.8 1.03	1.9 0.85	2.0 0.92	3.6 1.27	6.7 2.01	6.2 1.93	2.1 0.81	1.2 0.66	2.0 0.90	2.0 0.85	2.6 0.82	4.2 1.11
200	9.3 1.58	4.4 1.00	2.3 0.81	2.4 0.88	4.4 1.22	8.2 1.92	7.6 1.85	2.4 0.79	1.4 0.65	2.4 0.86	2.4 0.82	3.0 0.80	5.0 1.10
Frec	12.9	7.7	6.3	7.3	8.2	13.5	13.6	6.2	5.6	6.2	6.0	6.5	100.0

Clase de rugosidad 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	4.0 1.42	1.2 0.77	0.5 0.62	0.9 0.77	1.7 1.05	3.0 1.56	2.8 1.49	0.4 0.51	0.2 0.46	0.5 0.60	0.5 0.56	1.4 0.76	1.7 0.91
25	5.1 1.46	1.6 0.80	0.8 0.65	1.2 0.81	2.3 1.11	4.0 1.65	3.7 1.57	0.5 0.52	0.3 0.46	0.7 0.62	0.6 0.58	1.8 0.78	2.3 0.94
50	6.1 1.52	2.0 0.84	1.0 0.69	1.5 0.87	2.8 1.19	4.8 1.79	4.4 1.71	0.6 0.53	0.3 0.47	0.9 0.66	0.8 0.60	2.2 0.81	2.8 0.98
100	7.2 1.62	2.5 0.92	1.3 0.76	1.9 0.98	3.5 1.35	5.9 2.04	5.4 1.94	0.7 0.55	0.4 0.48	1.1 0.73	1.0 0.64	2.7 0.85	3.4 1.04
200	8.4 1.63	2.9 0.90	1.5 0.74	2.3 0.94	4.2 1.30	7.2 1.97	6.6 1.87	0.9 0.56	0.5 0.49	1.4 0.71	1.2 0.64	3.1 0.86	4.1 1.05
Frec	13.5	7.0	6.4	7.3	8.6	13.9	12.7	6.0	5.5	6.3	6.0	6.8	100.0

z	Clase 0		Clase 1		Clase 2		Clase 3	
10	3.8	192	2.7	87	2.4	58	1.8	28
25	4.1	241	3.3	132	2.9	96	2.4	57
50	4.4	283	3.7	168	3.4	132	2.8	88
100	4.8	364	4.4	235	4.0	183	3.4	128
200	5.2	503	5.3	432	4.8	330	4.1	220

Granada

37° 11' 00" N 03° 47' 00" W UTM 30 E 430466 m N 4115565 m 569 m s.n.m.

Situada en el aeropuerto, a 6 km al W de la ciudad de Granada. El aeropuerto se encuentra en una ancha llanura y tiene Sierra Nevada (3000 m) a 40 km hacia el E.

El anemómetro está instalado a 4 m por encima de la cubierta de un edificio de 6-m de altura.

Sect	z ₀₁	x ₁	z ₀₂	x ₂	z ₀₃	x ₃	z ₀₄	x ₄	z ₀₅	x ₅	z ₀₆	Porc	Grad
0	0.01	500	0.15	7000	0.30								
30	0.01	750	0.15	7000	0.30								
60	0.01	1500	0.15	7000	0.30							-2	
90	0.01	1500	0.30									-16	
120	0.01	750	0.30									-14	
150	0.01	500	0.15	3000	0.30							-17	
180	0.01	500	0.15	3000	0.30							-17	
210	0.01	750	0.15	3000	0.30							-18	
240	0.01	500	0.15	6000	0.30							-14	
270	0.01	1000	0.15	3000	0.30							-3	
300	0.01	1000	0.20										
330	0.01	750	0.15	7000	0.30								

Altura del anemómetro: 10.0 m s.n.s.

Período: 72060612-82123118

Sect	Frec	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	8.9	545	33	113	98	66	51	36	18	20	17	2	0	0	1	2.4	1.05
30	6.7	744	21	53	39	37	25	18	20	18	20	1	2	1	1	1.0	0.63
60	5.4	863	11	36	22	15	16	16	6	3	10	1	0	1	0	0.2	0.45
90	5.6	860	10	44	39	23	6	6	3	3	6	0	0	0	0	0.3	0.51
120	5.4	909	6	27	16	11	5	8	7	1	6	4	0	0	0	0.3	0.51
150	6.7	728	18	39	33	25	22	32	39	21	34	4	3	2	0	1.2	0.66
180	12.3	410	25	89	61	75	66	68	57	64	65	15	3	1	0	4.2	1.30
210	7.3	645	25	82	73	58	41	24	20	18	11	1	0	2	0	1.7	0.84
240	8.7	541	31	103	86	68	50	49	35	16	17	3	0	1	0	2.5	1.04
270	16.8	296	31	118	144	124	101	74	51	34	22	4	1	0	0	4.2	1.66
300	7.8	587	23	68	76	58	40	62	39	30	15	2	0	0	0	2.4	0.97
330	8.2	622	33	95	92	59	41	24	15	13	5	0	0	0	1	1.7	0.92
Total	100.0	583	24	81	76	62	48	42	31	25	22	4	1	1	0	2.3	0.95

UTC	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dec	Año
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	0.5	0.8	0.5	0.6	0.3	0.1	0.2	0.2	0.2	0.4	0.7	0.7	0.4
9	0.6	0.8	1.2	1.0	0.9	0.8	0.5	0.3	0.7	0.6	0.7	1.0	0.8
12	1.7	2.1	2.8	3.2	3.3	2.8	2.7	2.8	2.2	2.1	1.6	1.7	2.4
15	2.6	3.8	4.6	4.7	5.2	4.9	5.2	4.2	4.3	4.0	2.7	2.5	4.1
18	2.3	3.5	4.5	4.6	5.0	5.1	5.7	4.8	4.3	3.2	2.2	2.2	4.1
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Día	1.5	2.2	2.7	2.8	3.0	2.8	2.9	2.5	2.3	2.1	1.6	1.6	2.3

Clase de rugosidad 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	3.6 1.15	2.7 0.92	1.0 0.63	1.2 0.71	1.2 0.70	1.4 0.59	6.7 1.22	5.3 1.10	4.2 1.11	6.3 1.78	5.4 1.60	3.1 1.08	3.9 1.02
25	3.9 1.18	3.0 0.94	1.2 0.64	1.3 0.73	1.3 0.71	1.5 0.60	7.3 1.23	5.7 1.12	4.7 1.13	6.9 1.84	6.0 1.65	3.5 1.11	4.3 1.04
50	4.3 1.21	3.3 0.97	1.3 0.65	1.4 0.75	1.4 0.73	1.6 0.60	7.8 1.25	6.2 1.13	5.0 1.16	7.4 1.89	6.4 1.69	3.8 1.13	4.7 1.05
100	4.6 1.17	3.5 0.94	1.3 0.64	1.5 0.73	1.5 0.71	1.8 0.60	8.3 1.24	6.6 1.13	5.4 1.13	8.1 1.83	7.0 1.64	4.0 1.10	5.0 1.04
200	5.0 1.12	3.7 0.90	1.4 0.62	1.6 0.70	1.6 0.68	1.8 0.60	8.8 1.22	7.0 1.10	5.8 1.09	8.9 1.73	7.7 1.55	4.4 1.04	5.4 1.03
Frec	8.7	7.6	5.9	5.5	5.5	6.2	10.2	9.2	8.2	13.9	11.2	8.0	100.0

Clase de rugosidad 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	2.5 0.99	1.3 0.69	0.4 0.49	0.7 0.61	0.6 0.57	1.4 0.63	5.2 1.23	2.8 0.91	3.0 1.01	4.5 1.58	3.0 1.13	1.9 0.90	2.6 0.91
25	3.0 1.06	1.6 0.73	0.4 0.51	0.8 0.64	0.8 0.60	1.6 0.63	6.2 1.27	3.4 0.94	3.7 1.07	5.4 1.71	3.7 1.21	2.4 0.96	3.2 0.95
50	3.6 1.18	1.9 0.77	0.6 0.53	1.1 0.70	1.0 0.65	1.8 0.65	7.0 1.32	3.9 0.99	4.3 1.16	6.3 1.92	4.4 1.35	2.9 1.07	3.7 1.01
100	4.4 1.26	2.3 0.82	0.7 0.56	1.3 0.74	1.2 0.68	2.1 0.67	7.9 1.41	4.6 1.06	5.1 1.24	7.4 2.05	5.2 1.44	3.5 1.13	4.4 1.07
200	5.4 1.20	2.7 0.80	0.8 0.55	1.6 0.71	1.5 0.66	2.3 0.67	9.0 1.37	5.3 1.03	6.1 1.19	9.2 1.95	6.5 1.37	4.3 1.09	5.3 1.06
Frec	8.8	7.0	5.6	5.5	5.4	6.5	11.5	8.0	8.5	15.9	9.1	8.1	100.0

Clase de rugosidad 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	2.2 1.01	0.9 0.65	0.2 0.47	0.4 0.53	0.3 0.48	1.3 0.65	4.7 1.27	2.1 0.86	2.7 1.02	3.9 1.63	2.3 1.03	1.6 0.88	2.2 0.90
25	2.8 1.08	1.2 0.67	0.3 0.48	0.5 0.56	0.4 0.49	1.6 0.65	5.7 1.30	2.7 0.89	3.3 1.07	4.9 1.74	2.9 1.10	2.0 0.94	2.8 0.93
50	3.4 1.19	1.5 0.70	0.4 0.50	0.7 0.60	0.5 0.51	1.9 0.67	6.6 1.35	3.1 0.94	4.0 1.15	5.8 1.92	3.5 1.21	2.5 1.02	3.3 0.98
100	4.2 1.29	1.8 0.76	0.5 0.53	0.9 0.64	0.6 0.54	2.2 0.69	7.6 1.44	3.8 1.02	4.8 1.26	6.9 2.11	4.3 1.32	3.0 1.12	4.0 1.05
200	5.1 1.24	2.1 0.74	0.6 0.52	1.0 0.62	0.7 0.53	2.5 0.69	8.7 1.42	4.4 0.99	5.7 1.21	8.5 2.02	5.3 1.27	3.7 1.07	4.8 1.04
Frec	8.9	6.8	5.5	5.5	5.4	6.6	12.0	7.6	8.7	16.6	8.3	8.2	100.0

Clase de rugosidad 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	1.7 0.98	0.7 0.63	0.5 0.62	0.5 0.63	0.4 0.55	1.4 0.72	3.7 1.27	1.5 0.85	2.3 1.11	3.1 1.62	1.6 0.96	1.3 0.89	1.8 0.92
25	2.3 1.02	0.9 0.64	0.7 0.65	0.7 0.66	0.5 0.56	1.8 0.73	4.8 1.30	2.0 0.88	3.1 1.16	4.1 1.72	2.2 1.02	1.7 0.94	2.4 0.95
50	2.8 1.11	1.1 0.67	0.9 0.69	0.9 0.70	0.6 0.58	2.1 0.74	5.7 1.34	2.5 0.92	3.8 1.25	4.9 1.87	2.7 1.10	2.2 1.01	2.9 0.99
100	3.5 1.25	1.4 0.72	1.1 0.76	1.2 0.78	0.8 0.62	2.5 0.76	6.7 1.42	3.1 1.00	4.6 1.41	6.0 2.12	3.4 1.24	2.7 1.13	3.6 1.06
200	4.2 1.21	1.7 0.71	1.4 0.74	1.4 0.76	1.0 0.62	2.9 0.78	7.8 1.44	3.7 0.99	5.6 1.36	7.3 2.05	4.1 1.19	3.3 1.10	4.3 1.07
Frec	8.8	6.6	5.3	5.6	5.4	7.0	12.1	7.4	9.5	16.2	7.9	8.2	100.0

z	Clase 0		Clase 1		Clase 2		Clase 3	
10	3.9	208	2.7	95	2.3	62	1.9	30
25	4.3	259	3.2	141	2.9	105	2.5	62
50	4.6	307	3.7	183	3.3	142	2.9	95
100	4.9	391	4.3	248	3.9	195	3.5	135
200	5.4	534	5.2	448	4.7	341	4.2	231

La Coruña

43° 08' 00" N 08° 23' 00" W UTM 29 E 550157 m N 4775892 m 97 m s.n.m.

Situada a 6 km al S de la ciudad de La Coruña, en una llanura de 100 m de altitud. La distancia al Océano Atlántico es de 4 km. La pendiente hacia el mar es uniforme.

Sect	z ₀₁	x ₁	z ₀₂	x ₂	z ₀₃	x ₃	z ₀₄	x ₄	z ₀₅	x ₅	z ₀₆	Porc	Grad
0	0.10	400	0.30	4000	0.00							-7	5
30	0.10	500	0.30										4
60	0.01	250	0.10	500	0.30							3	-1
90	0.01	250	0.10	500	0.30							-2	-4
120	0.01	250	0.30									-10	-4
150	0.01	250	0.30									-13	1
180	0.01	500	0.10	3000	0.30							-8	4
210	0.01	750	0.30									-1	3
240	0.10	750	0.30									3	-1
270	0.10	500	0.30	14000	0.00							-2	-4
300	0.10	300	0.30	9000	0.00							-10	-4
330	0.10	250	0.30	9000	0.00							-14	1

Altura del anemómetro: 6.0 m s.n.s.

Período: 72060612-82123115

Sect	Frec	< 1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	17.2	100	10	191	153	192	124	107	76	16	28	3	0	0	0	5.0	2.21
30	6.7	313	9	135	90	136	84	93	78	27	34	1	0	0	0	4.4	1.70
60	3.1	573	16	68	47	62	40	88	63	28	15	0	0	0	0	2.6	1.02
90	2.4	740	15	97	46	34	21	15	16	7	9	0	0	0	0	0.9	0.68
120	3.7	513	16	191	109	90	23	15	17	3	17	0	1	5	0	2.6	1.11
150	12.3	153	23	374	202	117	47	30	29	7	11	5	3	0	0	3.5	1.46
180	13.4	112	9	170	104	123	100	101	120	38	89	18	8	6	1	6.0	1.84
210	9.0	202	6	63	76	143	114	118	141	37	65	23	5	6	0	6.1	2.03
240	5.8	300	1	75	127	134	128	75	88	25	37	5	2	3	0	4.9	1.79
270	5.2	346	3	122	111	130	99	87	57	16	24	4	1	0	0	4.2	1.61
300	7.6	236	17	123	87	127	105	123	81	13	29	8	0	1	49	5.5	1.00
330	13.6	145	5	130	129	178	138	121	89	27	32	4	1	0	0	5.3	2.30
Total	100.0	218	11	166	122	140	98	91	80	22	38	7	2	2	4	4.9	1.51

UTC	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dec	Año
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	4.1	4.1	3.5	2.4	2.5	1.7	1.5	1.8	2.0	2.9	3.4	3.5	2.5
9	3.7	3.9	3.5	2.9	3.2	3.1	2.7	2.0	2.2	3.0	3.1	4.1	3.1
12	4.0	4.6	4.8	5.6	5.2	5.0	4.8	4.5	4.3	4.2	3.6	4.1	4.5
15	4.4	5.6	5.9	6.1	5.8	5.7	5.6	5.5	5.3	4.8	4.1	4.6	5.3
18	0.0	0.0	7.7	2.1	6.2	4.6	4.6	0.0	2.6	0.0	3.1	0.0	4.6
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Día	4.0	4.6	4.5	4.2	4.2	3.9	3.7	3.5	3.4	3.8	3.6	4.2	3.9

Clase de rugosidad 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	9.2 2.07	9.0 2.28	6.8 1.51	3.1 0.94	4.4 1.11	7.2 1.53	9.3 1.76	10.1 2.13	9.6 2.12	8.1 1.70	9.1 1.78	10.7 2.18	8.9 1.81
25	10.0 2.12	9.8 2.33	7.4 1.54	3.4 0.96	4.8 1.13	7.9 1.56	10.1 1.79	11.0 2.17	10.4 2.15	8.9 1.73	9.9 1.81	11.7 2.21	9.7 1.84
50	10.7 2.17	10.5 2.40	8.0 1.58	3.7 0.99	5.2 1.16	8.4 1.60	10.8 1.83	11.8 2.22	11.2 2.21	9.5 1.78	10.6 1.85	12.4 2.26	10.3 1.88
100	11.5 2.13	11.3 2.34	8.6 1.55	3.9 0.97	5.5 1.13	9.0 1.57	11.5 1.81	12.6 2.19	11.9 2.17	10.2 1.74	11.4 1.83	13.3 2.24	11.1 1.86
200	12.5 2.05	12.4 2.24	9.3 1.50	4.2 0.93	5.9 1.10	9.7 1.52	12.3 1.76	13.6 2.13	12.9 2.10	11.0 1.68	12.2 1.77	14.3 2.18	12.0 1.81
Frec	16.4	9.4	3.8	2.4	3.3	10.2	13.8	9.9	6.0	4.9	6.9	13.1	100.0

Clase de rugosidad 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	6.1 1.81	6.2 1.78	3.8 1.14	1.5 0.75	3.3 1.05	5.2 1.41	7.2 1.77	7.1 1.99	6.7 1.82	5.4 1.45	6.6 1.65	7.7 2.01	6.2 1.62
25	7.2 1.93	7.4 1.87	4.5 1.20	1.9 0.78	4.0 1.11	6.2 1.48	8.4 1.83	8.4 2.07	7.9 1.90	6.5 1.52	7.8 1.71	9.1 2.08	7.4 1.69
50	8.3 2.12	8.4 2.01	5.3 1.29	2.3 0.85	4.7 1.20	7.0 1.58	9.5 1.92	9.5 2.20	8.9 2.03	7.4 1.65	8.8 1.81	10.2 2.19	8.4 1.79
100	9.7 2.27	9.7 2.16	6.2 1.38	2.8 0.90	5.5 1.28	8.1 1.70	10.8 2.06	10.8 2.37	10.2 2.18	8.6 1.77	10.1 1.94	11.6 2.35	9.6 1.92
200	11.7 2.18	11.5 2.08	7.3 1.33	3.3 0.87	6.5 1.23	9.6 1.64	12.4 2.00	12.7 2.30	11.9 2.11	10.2 1.71	11.7 1.88	13.4 2.28	11.3 1.88
Frec	16.7	6.8	3.0	2.3	3.6	12.5	13.7	8.7	5.2	4.9	7.6	14.8	100.0

Clase de rugosidad 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	5.2 1.82	5.3 1.68	2.8 1.04	1.3 0.75	2.8 1.04	4.5 1.40	6.5 1.86	6.2 2.03	5.8 1.80	4.7 1.44	5.8 1.68	6.7 2.02	5.4 1.62
25	6.3 1.94	6.5 1.75	3.5 1.08	1.7 0.78	3.5 1.08	5.5 1.46	7.8 1.91	7.5 2.10	7.0 1.87	5.8 1.50	7.1 1.74	8.2 2.08	6.6 1.68
50	7.4 2.12	7.5 1.85	4.2 1.16	2.0 0.84	4.2 1.15	6.4 1.55	9.0 1.99	8.7 2.23	8.1 1.98	6.7 1.61	8.2 1.83	9.4 2.18	7.6 1.77
100	8.8 2.32	8.8 2.03	5.0 1.26	2.5 0.91	5.0 1.26	7.5 1.70	10.3 2.15	10.0 2.44	9.3 2.16	7.8 1.76	9.4 1.99	10.7 2.37	8.9 1.92
200	10.7 2.23	10.3 1.96	5.9 1.23	3.0 0.88	5.9 1.22	8.8 1.64	11.9 2.11	11.7 2.36	10.9 2.09	9.3 1.70	11.0 1.93	12.4 2.31	10.4 1.88
Frec	16.8	5.9	2.8	2.3	3.8	13.4	13.7	8.2	5.0	4.9	7.8	15.5	100.0

Clase de rugosidad 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	4.0 1.81	4.1 1.63	2.1 1.01	1.1 0.77	2.9 1.28	3.7 1.44	5.1 1.88	4.8 2.02	4.4 1.78	3.8 1.46	4.7 1.76	5.1 1.96	4.3 1.63
25	5.3 1.91	5.4 1.69	2.8 1.04	1.5 0.80	3.8 1.34	4.8 1.48	6.6 1.93	6.3 2.08	5.8 1.84	5.0 1.51	6.1 1.81	6.7 2.01	5.6 1.68
50	6.4 2.05	6.4 1.77	3.4 1.10	1.9 0.84	4.6 1.43	5.8 1.55	7.8 2.00	7.5 2.18	6.9 1.93	5.9 1.60	7.3 1.88	7.9 2.10	6.6 1.76
100	7.6 2.32	7.6 1.92	4.1 1.22	2.4 0.92	5.6 1.60	6.8 1.68	9.2 2.13	8.8 2.36	8.1 2.09	7.1 1.74	8.6 2.02	9.3 2.24	7.8 1.90
200	9.2 2.25	8.9 1.92	4.9 1.20	2.8 0.91	6.7 1.56	8.1 1.68	10.7 2.16	10.4 2.37	9.6 2.09	8.4 1.74	10.1 2.04	10.9 2.26	9.3 1.91
Frec	15.2	5.6	2.6	2.5	4.8	13.7	12.9	7.7	5.0	5.2	8.6	16.1	100.0

z	Clase 0		Clase 1		Clase 2		Clase 3	
10	7.9	634	5.6	258	4.8	170	3.8	82
25	8.6	809	6.6	402	5.9	292	5.0	173
50	9.2	959	7.4	542	6.8	419	5.9	276
100	9.8	1196	8.5	755	7.9	593	7.0	417
200	10.6	1566	10.0	1261	9.3	988	8.2	684

Lanzarote

28° 56' 06" N 13° 36' 35" W UTM 28 E 635510 m N 3201625 m 20 m s.n.m.

Situada en el aeropuerto de la isla de Lanzarote, 5 km en la dirección WSW de la ciudad de Arrecife. La línea de costa hacia el S se orienta WSW-ENE. Paralelamente a la línea de costa, se encuentra una cadena montañosa – en donde la Montaña Blanca (596 m) es la más importante.

Sect	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Porc	Grad
0	0.03	1000	0.10	8000	0.20								
30	0.01	2500	0.10	9000	0.20								
60	0.01	400	0.00	2000	0.01								
90	0.03	250	0.00										
120	0.03	300	0.00										
150	0.03	400	0.00										
180	0.03	350	0.00										
210	0.03	550	0.00										
240	0.03	250	0.10	2000	0.01	5000	0.00						
270	0.03	500	0.10	5000	0.20								
300	0.03	750	0.10	3500	0.30								
330	0.03	1250	0.10	5000	0.30								

Altura del anemómetro: 6.0 m s.n.s.

Período: 72060609–82123118

Sect	Frec	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	18.4	56	0	31	83	102	125	133	151	120	150	37	10	2	0	7.7	2.90
30	36.0	28	0	20	58	88	91	107	136	125	247	71	23	6	0	8.7	3.19
60	7.4	137	4	63	153	160	120	95	81	58	93	26	7	3	0	6.0	1.83
90	2.7	344	3	98	282	121	77	16	20	12	18	0	10	0	0	4.0	1.76
120	1.9	443	4	109	269	89	22	25	9	4	18	0	0	2	6	3.4	1.26
150	2.4	437	4	92	226	103	68	27	22	3	7	10	0	1	0	3.4	1.48
180	4.4	189	5	62	124	99	94	51	69	77	117	57	31	22	3	6.6	1.57
210	2.1	388	0	14	122	69	87	42	39	41	71	56	30	36	4	5.4	1.22
240	1.6	457	0	72	188	72	41	58	22	23	36	15	0	16	0	3.8	1.17
270	4.4	235	2	106	264	165	117	21	39	14	11	10	4	6	6	4.5	1.44
300	8.4	103	2	88	260	242	161	65	24	15	20	3	3	13	2	5.0	1.76
330	10.2	85	2	50	168	211	154	148	99	40	33	8	1	2	1	5.7	2.31
Tbtal	100.0	110	1	46	127	126	110	97	102	83	137	40	13	6	1	7.0	2.08

UTC	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dec	Año
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	5.6	5.5	5.9	5.1	5.7	5.5	7.4	7.2	5.5	4.6	4.9	5.2	5.7
9	5.6	5.4	5.6	5.0	6.7	6.9	8.3	7.8	5.6	4.4	4.9	4.9	5.9
12	5.7	6.6	7.6	7.3	8.1	8.9	9.6	8.3	7.6	6.4	6.1	6.0	7.3
15	5.7	7.2	8.0	7.0	8.3	8.5	9.4	8.8	7.4	6.8	6.2	6.4	7.5
18	5.8	7.1	7.6	6.6	8.2	8.3	9.6	8.9	7.3	6.5	5.3	5.4	7.2
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Día	5.7	6.4	6.9	6.2	7.4	7.6	8.9	8.2	6.7	5.7	5.5	5.6	6.8

Clase de rugosidad 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	12.6 3.07	13.2 3.50	10.3 2.38	5.2 1.49	4.1 1.32	4.1 1.44	7.6 1.51	7.1 1.29	5.4 1.13	7.7 1.58	8.8 1.95	9.8 2.55	10.8 2.24
25	13.8 3.11	14.3 3.55	11.2 2.43	5.7 1.54	4.5 1.36	4.5 1.48	8.4 1.54	7.7 1.31	5.9 1.15	8.4 1.60	9.5 1.98	10.7 2.60	11.8 2.27
50	14.6 3.18	15.2 3.62	11.9 2.49	6.1 1.58	4.8 1.39	4.8 1.52	8.9 1.58	8.2 1.34	6.4 1.17	9.0 1.65	10.2 2.04	11.4 2.67	12.6 2.31
100	15.6 3.15	16.3 3.59	12.8 2.45	6.6 1.53	5.2 1.35	5.2 1.47	9.6 1.56	8.8 1.33	6.8 1.15	9.6 1.62	10.9 2.00	12.3 2.62	13.4 2.29
200	16.8 3.07	17.5 3.50	13.9 2.37	7.3 1.45	5.7 1.28	5.7 1.40	10.3 1.51	9.4 1.29	7.3 1.12	10.4 1.57	11.9 1.93	13.4 2.51	14.5 2.26
Frec	17.3	33.7	11.4	3.3	2.0	2.3	4.2	2.4	1.7	4.0	7.8	10.0	100.0

Clase de rugosidad 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	9.1 2.92	9.2 3.17	5.4 1.87	3.0 1.31	2.5 1.05	3.0 1.14	5.5 1.41	4.5 1.10	3.7 1.04	5.5 1.50	6.2 1.78	7.1 2.31	7.6 2.07
25	10.6 3.01	10.8 3.27	6.5 2.02	3.6 1.41	3.1 1.13	3.7 1.22	6.5 1.47	5.4 1.13	4.5 1.09	6.5 1.57	7.3 1.87	8.4 2.44	8.9 2.14
50	11.9 3.17	12.1 3.44	7.6 2.27	4.2 1.58	3.7 1.26	4.3 1.37	7.5 1.57	6.1 1.19	5.2 1.17	7.5 1.68	8.3 2.02	9.5 2.64	10.1 2.26
100	13.4 3.40	13.7 3.69	9.0 2.42	5.0 1.69	4.4 1.33	5.2 1.45	8.6 1.69	7.0 1.26	6.1 1.26	8.6 1.80	9.6 2.17	11.0 2.84	11.5 2.40
200	15.5 3.30	15.9 3.59	11.2 2.31	6.2 1.61	5.5 1.27	6.4 1.39	10.1 1.63	8.1 1.23	7.2 1.21	10.1 1.74	11.4 2.09	13.2 2.73	13.4 2.38
Frec	19.6	34.4	7.1	2.6	1.9	2.5	4.2	2.0	1.8	4.6	8.5	10.6	100.0

Clase de rugosidad 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	7.9 2.96	7.9 3.16	4.6 1.81	2.5 1.32	2.3 1.10	2.7 1.07	4.8 1.41	3.9 1.10	3.5 1.12	4.8 1.51	5.4 1.81	6.3 2.34	6.5 2.08
25	9.5 3.05	9.6 3.26	5.7 1.94	3.2 1.41	2.9 1.17	3.4 1.14	5.8 1.47	4.8 1.13	4.3 1.17	5.9 1.57	6.6 1.89	7.7 2.45	8.0 2.14
50	10.9 3.19	11.0 3.41	6.7 2.15	3.8 1.56	3.5 1.29	4.1 1.26	6.8 1.56	5.6 1.18	5.1 1.25	6.8 1.67	7.6 2.03	8.9 2.62	9.1 2.24
100	12.4 3.46	12.6 3.71	8.0 2.36	4.6 1.71	4.2 1.41	5.0 1.37	7.9 1.71	6.5 1.27	6.1 1.37	7.9 1.83	8.9 2.22	10.3 2.87	10.6 2.41
200	14.4 3.38	14.6 3.62	9.9 2.26	5.6 1.63	5.1 1.35	6.1 1.32	9.4 1.65	7.5 1.24	7.3 1.32	9.4 1.77	10.6 2.15	12.3 2.78	12.4 2.39
Frec	20.8	32.4	6.7	2.6	2.0	2.7	4.1	2.0	2.0	4.9	8.6	11.2	100.0

Clase de rugosidad 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	6.1 2.97	6.2 3.14	3.6 1.80	2.0 1.25	1.7 1.03	2.4 1.11	3.7 1.40	3.0 1.08	2.8 1.13	3.9 1.62	4.3 1.88	5.1 2.38	5.1 2.08
25	7.9 3.06	8.0 3.23	4.7 1.91	2.6 1.32	2.2 1.09	3.2 1.17	4.9 1.46	3.9 1.11	3.7 1.17	5.1 1.68	5.6 1.96	6.7 2.47	6.6 2.15
50	9.4 3.17	9.4 3.36	5.7 2.08	3.2 1.44	2.8 1.17	4.0 1.27	5.9 1.53	4.7 1.15	4.5 1.24	6.1 1.77	6.7 2.08	7.9 2.60	7.9 2.23
100	11.0 3.39	11.0 3.59	6.9 2.37	3.9 1.63	3.4 1.33	4.9 1.44	7.0 1.66	5.5 1.23	5.4 1.37	7.2 1.96	7.9 2.31	9.3 2.83	9.3 2.38
200	12.8 3.43	12.9 3.63	8.4 2.28	4.7 1.57	4.2 1.28	5.9 1.38	8.3 1.66	6.5 1.24	6.4 1.35	8.6 1.94	9.5 2.28	11.1 2.83	11.0 2.41
Frec	22.5	29.7	6.3	2.5	2.0	2.9	3.8	2.0	2.3	5.3	8.8	12.0	100.0

z	Clase 0		Clase 1		Clase 2		Clase 3	
10	9.6	922	6.7	339	5.8	218	4.5	103
25	10.4	1180	7.9	536	7.0	383	5.9	222
50	11.1	1410	8.9	739	8.1	559	7.0	360
100	11.9	1739	10.2	1050	9.4	812	8.2	559
200	12.8	2222	11.9	1697	11.0	1321	9.7	911

Las Palmas

27° 55' 45" N 15° 23' 20" W UTM 28 E 461736 m N 3089460 m 24 m s.n.m.

Situada en el aeropuerto de Gando, en la costa E de la Isla de Gran Canaria. El litoral se encuentra a unos 500 m hacia el E. La Isla de Gran Canaria es prácticamente circular, con un diámetro de unos 50 km y una altura de 1900 m.

Sect	z ₀₁	x ₁	z ₀₂	x ₂	z ₀₃	x ₃	z ₀₄	x ₄	z ₀₅	x ₅	z ₀₆	Porc	Grad
0	0.01	1500	0.13	3000	0.30								
30	0.01												
60	0.01	750	0.00										
90	0.01	300	0.00										
120	0.01	500	0.00										
150	0.03	750	0.00										
180	0.03	3500	0.12	7000	0.00								
210	0.05	1000	0.15	1500	0.00								
240	0.05	1500	0.30										
270	0.03	900	0.30										
300	0.03	750	0.30										
330	0.03	750	0.20										

Altura del anemómetro: 4.5 m s.n.s.

Periodo: 73010103-82123121

Sect	Frec	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	38.3	34	4	23	49	76	98	87	133	72	284	97	36	6	0	9.0	2.99
30	37.1	32	1	6	21	41	57	73	134	82	343	136	55	16	2	10.1	4.21
60	3.9	326	12	53	73	106	113	90	89	38	76	15	7	1	0	5.3	1.73
90	2.2	529	16	94	126	82	90	30	18	2	6	0	0	7	0	2.7	1.12
120	1.7	671	16	68	108	62	41	16	4	2	9	0	0	2	0	1.4	0.82
150	2.2	550	11	50	107	97	89	51	30	4	11	0	0	0	0	2.7	1.18
180	2.5	498	4	29	58	70	99	74	70	26	55	9	8	0	0	4.0	1.28
210	2.6	460	3	26	44	79	65	55	83	38	106	24	10	3	2	4.9	1.34
240	1.9	663	14	52	53	35	58	20	37	14	30	12	4	2	6	1.9	0.75
270	1.5	765	31	50	70	27	32	5	8	3	5	2	0	2	0	0.7	0.61
300	1.8	721	22	91	55	52	22	13	4	6	4	2	0	8	0	1.0	0.65
330	4.4	263	19	80	119	122	121	83	72	27	65	21	4	2	1	5.2	1.67
Total	100.0	146	5	26	47	65	79	74	113	63	247	90	35	9	1	8.6	2.66

UTC	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dec	Año
0	4.0	5.3	6.2	5.8	7.4	7.6	9.7	9.2	6.9	4.8	4.1	3.3	6.2
3	3.9	4.8	6.0	5.3	7.1	7.5	9.4	9.2	6.8	4.6	3.9	3.4	6.0
6	4.0	4.9	5.9	4.9	6.8	7.0	9.2	8.8	6.5	4.4	3.7	2.9	5.7
9	4.1	4.9	6.6	6.1	8.4	8.7	10.0	9.4	7.6	5.3	4.2	3.4	6.6
12	5.7	7.2	8.4	8.4	9.8	9.7	11.1	10.4	9.1	7.2	6.2	5.3	8.2
15	6.5	7.7	8.6	8.3	9.9	10.1	11.4	10.7	9.2	7.6	6.4	5.5	8.5
18	5.7	7.0	8.4	7.8	9.7	10.0	11.1	10.5	8.9	7.0	5.7	4.8	8.1
21	4.3	5.6	6.7	6.3	8.3	8.7	10.0	9.6	7.5	5.4	4.4	3.8	6.7
Día	4.8	5.9	7.1	6.6	8.4	8.7	10.2	9.7	7.8	5.8	4.8	4.1	7.0

Clase de rugosidad 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	14.6 3.25	14.7 4.21	11.8 2.53	4.0 1.20	2.1 0.89	3.4 1.14	5.7 1.23	7.1 1.33	4.5 0.90	1.7 0.67	1.9 0.70	9.1 1.74	12.7 2.34
25	15.9 3.28	16.0 4.26	12.8 2.56	4.4 1.23	2.3 0.92	3.8 1.17	6.2 1.26	7.8 1.35	4.9 0.91	1.9 0.67	2.1 0.70	9.9 1.76	13.8 2.36
50	16.9 3.33	17.0 4.33	13.7 2.62	4.8 1.26	2.5 0.94	4.1 1.20	6.7 1.29	8.3 1.38	5.3 0.92	2.0 0.68	2.3 0.71	10.5 1.80	14.7 2.38
100	18.0 3.33	18.1 4.31	14.6 2.59	5.1 1.23	2.7 0.91	4.4 1.17	7.1 1.26	8.9 1.37	5.6 0.92	2.2 0.68	2.4 0.71	11.2 1.78	15.6 2.38
200	19.2 3.27	19.4 4.23	15.7 2.53	5.6 1.17	2.9 0.87	4.8 1.11	7.7 1.22	9.5 1.33	5.9 0.90	2.3 0.67	2.5 0.70	12.1 1.74	16.8 2.36
Frec	32.6	37.5	9.3	2.5	1.8	2.1	2.4	2.6	2.0	1.6	1.7	3.9	100.0

Clase de rugosidad 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	10.5 3.08	10.4 4.09	4.4 1.43	2.0 0.95	1.2 0.73	2.5 0.99	4.1 1.12	4.9 1.18	2.5 0.75	1.2 0.68	1.8 0.73	7.8 1.88	9.0 2.21
25	12.3 3.15	12.2 4.20	5.4 1.54	2.5 1.01	1.5 0.77	3.0 1.07	4.9 1.17	5.8 1.22	2.9 0.76	1.5 0.70	2.2 0.75	9.1 1.93	10.6 2.25
50	13.7 3.26	13.6 4.38	6.3 1.73	3.0 1.13	1.8 0.86	3.6 1.19	5.7 1.26	6.6 1.28	3.3 0.77	1.8 0.75	2.5 0.77	10.2 2.01	11.8 2.31
100	15.2 3.47	15.3 4.69	7.5 1.84	3.7 1.20	2.3 0.90	4.4 1.26	6.7 1.35	7.6 1.37	3.7 0.80	2.1 0.80	2.9 0.82	11.5 2.15	13.3 2.42
200	17.2 3.40	17.5 4.57	9.3 1.76	4.5 1.15	2.7 0.87	5.4 1.21	7.9 1.31	8.8 1.34	4.1 0.80	2.5 0.77	3.3 0.80	13.2 2.10	15.2 2.42
Frec	38.5	35.4	3.8	2.2	1.7	2.2	2.5	2.5	1.9	1.5	1.9	5.9	100.0

Clase de rugosidad 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	9.1 3.10	9.1 4.15	3.7 1.38	1.7 0.92	1.1 0.75	2.2 0.98	3.7 1.13	4.2 1.15	2.0 0.73	1.0 0.68	2.3 0.86	7.6 2.19	7.8 2.22
25	11.0 3.16	10.9 4.26	4.7 1.47	2.2 0.98	1.4 0.80	2.8 1.03	4.5 1.17	5.1 1.19	2.5 0.74	1.3 0.70	2.9 0.88	9.2 2.24	9.5 2.26
50	12.5 3.26	12.5 4.42	5.5 1.63	2.6 1.07	1.8 0.87	3.4 1.13	5.3 1.24	5.9 1.24	2.8 0.75	1.6 0.74	3.3 0.92	10.5 2.32	10.8 2.31
100	14.1 3.44	14.1 4.72	6.6 1.78	3.2 1.17	2.2 0.94	4.2 1.24	6.3 1.36	6.9 1.33	3.3 0.77	2.0 0.80	4.0 0.98	11.9 2.47	12.3 2.42
200	16.0 3.44	16.3 4.67	8.2 1.71	4.0 1.12	2.7 0.90	5.1 1.19	7.4 1.32	7.9 1.30	3.7 0.78	2.3 0.78	4.6 0.97	13.6 2.45	14.1 2.43
Frec	38.4	32.9	3.7	2.1	1.8	2.2	2.5	2.5	1.9	1.5	2.1	8.5	100.0

Clase de rugosidad 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	7.2 3.30	7.0 3.93	2.8 1.33	1.3 0.89	1.0 0.80	1.9 1.00	2.9 1.14	3.2 1.12	1.5 0.73	0.7 0.63	2.5 1.04	6.4 2.45	6.1 2.24
25	9.2 3.36	9.1 4.01	3.7 1.40	1.7 0.94	1.4 0.83	2.6 1.05	3.9 1.18	4.1 1.14	2.0 0.73	0.9 0.64	3.3 1.06	8.3 2.50	8.0 2.27
50	10.9 3.45	10.7 4.14	4.5 1.52	2.2 1.01	1.8 0.90	3.2 1.13	4.7 1.24	4.9 1.18	2.3 0.74	1.1 0.67	4.0 1.10	9.7 2.57	9.4 2.32
100	12.6 3.60	12.5 4.36	5.6 1.73	2.7 1.14	2.2 1.01	4.0 1.28	5.6 1.35	5.8 1.25	2.8 0.76	1.4 0.71	4.8 1.17	11.3 2.69	10.9 2.41
200	14.6 3.69	14.5 4.44	6.8 1.66	3.3 1.10	2.7 0.98	4.8 1.24	6.7 1.35	6.8 1.27	3.2 0.78	1.7 0.71	5.6 1.18	13.1 2.75	12.7 2.45
Frec	38.2	29.5	3.5	2.0	1.8	2.2	2.5	2.4	1.8	1.6	2.4	12.1	100.0

z	Clase 0		Clase 1		Clase 2		Clase 3	
10	11.2	1443	8.0	545	6.9	355	5.4	170
25	12.2	1848	9.4	859	8.4	620	7.0	364
50	13.0	2211	10.5	1180	9.6	903	8.3	590
100	13.9	2675	11.8	1620	10.9	1288	9.7	908
200	14.9	3318	13.5	2419	12.5	1942	11.3	1402

Madrid

40° 25' 00" N 03° 41' 00" W UTM 30 E 442024 m N 4474306 m 581 m s.n.m.

Situada a 500 m E del pueblo de Barajas y al E de la ciudad de Madrid. La distancia a los suburbios de Madrid es de 1 km. aproximadamente. El terreno es ondulado a partir de 1 km en la dirección este.

Sect	z ₀₁	x ₁	z ₀₂	x ₂	z ₀₃	x ₃	z ₀₄	x ₄	z ₀₅	x ₅	z ₀₆	Porc	Grad
0	0.01	1750	0.15	4000	0.30								
30	0.01	1500	0.15	2500	0.30								
60	0.01	1250	0.30										
90	0.01	1000	0.30										
120	0.01	1250	0.30										
150	0.01	750	0.30										
180	0.01	400	0.30										
210	0.01	800	0.30										
240	0.01	1000	0.30										
270	0.01	2500	0.30										
300	0.01	2000	0.30									-2	
330	0.01	4000	0.15									-3	

Altura del anemómetro: 6.0 m s.n.s.

Periodo: 72060603-85123121

Sect	Frec	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	10.3	389	38	152	121	83	58	55	38	27	36	2	1	1	0	3.4	1.24
30	8.8	449	30	100	92	89	71	64	43	32	26	3	0	0	0	3.3	1.25
60	8.0	520	22	76	91	85	65	56	37	23	23	1	1	0	0	2.9	1.14
90	5.8	691	34	93	82	55	20	11	6	6	2	0	0	0	0	1.1	0.80
120	5.7	689	30	115	82	40	22	12	6	2	2	0	0	0	0	1.1	0.81
150	6.7	612	31	113	99	63	31	26	14	6	4	0	0	0	0	1.8	0.97
180	7.8	521	27	119	129	91	42	35	13	13	10	0	0	0	0	2.5	1.19
210	10.6	392	23	106	128	115	85	60	38	27	21	3	1	0	0	3.7	1.46
240	12.6	309	15	61	103	115	103	111	74	54	50	3	0	0	0	5.0	1.84
270	9.1	449	17	60	91	84	77	78	52	36	46	5	3	1	0	3.9	1.31
300	7.1	577	16	52	63	56	46	53	48	36	41	9	1	1	0	2.7	0.97
330	7.5	512	43	149	124	64	34	28	17	11	15	2	1	0	0	2.5	1.12
Total	100.0	483	26	99	103	83	60	55	36	26	26	2	1	0	0	3.1	1.18

UTC	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dec	Año
0	1.5	2.0	2.3	2.3	1.9	1.7	1.8	1.9	1.2	1.5	1.4	1.8	1.8
3	1.5	1.7	1.9	1.9	1.4	1.2	1.0	1.1	0.7	1.3	1.3	1.6	1.4
6	1.3	1.7	1.7	1.6	1.1	1.0	0.8	0.8	0.6	1.2	1.1	1.6	1.2
9	1.7	2.3	2.9	2.8	2.7	2.2	2.0	1.8	1.5	1.7	1.5	1.8	2.1
12	2.5	3.4	4.0	4.0	4.3	3.3	3.6	3.1	2.8	2.9	2.3	2.9	3.3
15	3.1	4.3	5.0	4.8	4.8	3.9	4.4	4.2	3.5	3.6	2.8	3.5	4.0
18	2.5	3.4	4.5	4.5	4.6	4.0	4.3	3.9	3.0	2.6	2.1	2.6	3.5
21	2.2	2.7	3.2	3.1	2.7	2.6	2.7	2.5	1.7	1.7	1.6	2.0	2.4
Día	2.0	2.7	3.2	3.1	3.0	2.5	2.6	2.4	1.9	2.1	1.8	2.2	2.4

Clase de rugosidad 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	5.1 1.43	5.5 1.51	5.2 1.44	3.3 1.12	2.0 0.97	2.8 1.10	4.1 1.33	5.8 1.65	7.6 2.01	7.2 1.81	5.3 1.29	4.1 1.20	5.1 1.37
25	5.6 1.48	6.1 1.56	5.7 1.48	3.7 1.16	2.3 0.99	3.1 1.13	4.5 1.38	6.4 1.70	8.3 2.06	7.8 1.87	5.8 1.31	4.5 1.24	5.6 1.41
50	6.0 1.51	6.5 1.60	6.2 1.52	4.0 1.19	2.5 1.02	3.4 1.16	4.9 1.41	6.9 1.74	8.9 2.12	8.4 1.92	6.3 1.35	4.9 1.27	6.1 1.44
100	6.5 1.47	7.1 1.55	6.7 1.47	4.3 1.15	2.6 0.99	3.6 1.13	5.3 1.37	7.5 1.69	9.7 2.06	9.1 1.86	6.7 1.32	5.3 1.23	6.6 1.40
200	7.1 1.39	7.8 1.47	7.3 1.40	4.7 1.10	2.8 0.94	3.9 1.07	5.8 1.30	8.2 1.60	10.6 1.96	10.0 1.77	7.3 1.27	5.7 1.17	7.2 1.35
Frec	9.2	9.4	8.3	6.6	5.8	6.3	7.4	9.6	12.0	10.4	7.8	7.3	100.0

Clase de rugosidad 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	3.7 1.25	3.8 1.27	3.4 1.18	1.7 0.87	1.4 0.87	2.0 0.97	2.9 1.15	4.2 1.43	5.6 1.78	4.5 1.40	3.3 1.03	2.6 1.07	3.5 1.19
25	4.4 1.35	4.6 1.37	4.1 1.26	2.1 0.93	1.8 0.93	2.5 1.04	3.6 1.24	5.1 1.54	6.6 1.91	5.4 1.49	3.9 1.08	3.2 1.15	4.2 1.26
50	5.2 1.51	5.3 1.54	4.9 1.42	2.5 1.03	2.1 1.04	3.0 1.15	4.2 1.39	5.9 1.73	7.7 2.12	6.3 1.65	4.6 1.16	3.8 1.28	4.9 1.38
100	6.2 1.60	6.4 1.63	5.8 1.50	3.1 1.09	2.6 1.10	3.6 1.23	5.0 1.48	7.1 1.84	9.0 2.27	7.4 1.76	5.4 1.24	4.6 1.36	5.9 1.46
200	7.7 1.53	7.9 1.56	7.2 1.44	3.8 1.05	3.2 1.05	4.4 1.17	6.2 1.41	8.8 1.76	11.1 2.17	9.1 1.69	6.4 1.20	5.7 1.30	7.2 1.41
Frec	9.9	9.0	8.1	6.1	5.7	6.5	7.6	10.3	12.4	9.6	7.3	7.5	100.0

Clase de rugosidad 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	3.2 1.26	3.3 1.27	2.9 1.16	1.2 0.82	1.1 0.82	1.8 0.98	2.6 1.18	3.7 1.47	4.9 1.84	3.8 1.35	2.7 1.00	2.3 1.12	3.0 1.19
25	4.1 1.35	4.1 1.35	3.7 1.24	1.6 0.87	1.4 0.87	2.3 1.04	3.3 1.26	4.7 1.57	6.1 1.96	4.7 1.44	3.4 1.04	2.9 1.19	3.8 1.25
50	4.8 1.48	4.8 1.49	4.4 1.37	2.0 0.95	1.8 0.95	2.7 1.14	4.0 1.39	5.5 1.74	7.1 2.15	5.6 1.57	4.0 1.10	3.5 1.31	4.5 1.35
100	5.8 1.63	5.8 1.64	5.3 1.50	2.4 1.04	2.2 1.04	3.3 1.25	4.8 1.52	6.6 1.90	8.4 2.36	6.6 1.72	4.8 1.20	4.3 1.43	5.4 1.46
200	7.2 1.56	7.2 1.57	6.5 1.44	2.9 0.99	2.7 1.00	4.1 1.20	5.8 1.46	8.1 1.83	10.3 2.26	8.0 1.65	5.6 1.16	5.2 1.37	6.6 1.42
Frec	10.1	8.9	8.0	5.9	5.7	6.6	7.7	10.5	12.5	9.3	7.2	7.5	100.0

Clase de rugosidad 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	2.6 1.28	2.6 1.27	2.2 1.15	0.9 0.82	0.9 0.84	1.4 0.98	2.2 1.22	3.0 1.49	3.9 1.82	2.9 1.30	2.1 0.99	1.8 1.10	2.4 1.19
25	3.5 1.36	3.4 1.35	3.0 1.21	1.3 0.86	1.3 0.89	1.9 1.03	2.9 1.29	4.0 1.58	5.1 1.92	3.8 1.37	2.8 1.03	2.4 1.17	3.2 1.24
50	4.2 1.47	4.2 1.46	3.7 1.31	1.6 0.93	1.6 0.95	2.4 1.12	3.5 1.39	4.9 1.71	6.1 2.07	4.6 1.47	3.4 1.08	3.0 1.26	3.9 1.33
100	5.2 1.67	5.1 1.66	4.5 1.48	2.0 1.04	2.0 1.07	3.0 1.26	4.4 1.58	5.9 1.94	7.3 2.35	5.6 1.66	4.1 1.18	3.7 1.43	4.7 1.47
200	6.3 1.61	6.2 1.60	5.5 1.43	2.4 1.01	2.5 1.04	3.6 1.21	5.3 1.52	7.2 1.87	8.9 2.27	6.7 1.61	4.9 1.17	4.5 1.38	5.7 1.43
Frec	10.2	8.7	7.8	5.8	5.8	6.7	8.0	10.7	12.4	8.9	7.2	7.7	100.0

z	Clase 0		Clase 1		Clase 2		Clase 3	
10	4.7	198	3.3	88	2.9	58	2.2	28
25	5.1	249	3.9	133	3.5	98	2.9	58
50	5.5	298	4.5	174	4.1	137	3.5	90
100	6.0	393	5.3	263	4.9	202	4.3	134
200	6.6	564	6.6	525	6.0	391	5.2	251

Málaga

36° 43' 00'' N 04° 25' 00'' W UTM 30 E 373475 m N 4064443 m 7 m s.n.m.

Situada en el aeropuerto de Málaga, 5 km SW de los suburbios de la ciudad. El terreno es llano y se inclina suavemente hacia el mar que se encuentra a 2 km en la dirección SE. Hacia el N, a una distancia de más de 5 km, las estribaciones del Sistema Penibético se elevan hasta alturas de unos 250 m por encima del nivel del mar.

Sect	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Porc	Grad
0	0.03	250	0.30									-5	-2
30	0.05	250	0.30									-7	
60	0.05	500	0.30	4000	0.00	10000	0.30					-5	1
90	0.25	2500	0.00									-2	1
120	0.20	2000	0.00									-1	
150	0.20	2250	0.00									-2	-1
180	0.20	3500	0.00									-5	-1
210	0.03	500	0.30	8000	0.00							-6	
240	0.01	600	0.30									-5	2
270	0.01	1750	0.30									-2	2
300	0.01	1500	0.05	3000	0.30							-1	
330	0.03	400	0.30									-2	-2

Altura del anemómetro: 6.0 m s.n.s.

Período: 72060806-82123121

Sect	Frec	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	3.4	737	11	47	58	32	32	20	16	18	22	3	2	0	2	1.1	0.64
30	2.7	919	3	18	21	8	9	9	1	2	6	2	1	1	0	0.3	0.51
60	2.9	904	10	30	34	10	9	2	0	0	1	0	0	0	0	0.6	0.73
90	3.9	715	26	86	72	41	22	15	9	6	7	1	0	0	0	1.0	0.72
120	4.2	613	24	78	86	66	30	29	22	13	22	6	7	2	2	2.1	0.83
150	15.8	160	53	186	239	159	102	46	23	11	14	3	3	0	0	4.1	1.87
180	9.9	263	32	131	183	159	116	65	25	15	9	1	0	0	0	4.1	1.97
210	4.5	609	13	57	73	60	57	38	33	27	24	5	3	1	0	2.3	0.92
240	3.5	694	18	56	55	44	32	23	29	13	27	5	3	1	0	1.4	0.73
270	5.6	486	23	71	68	57	53	39	54	38	71	25	10	4	0	3.6	1.06
300	13.6	180	27	105	139	104	82	83	74	63	107	25	8	2	0	5.7	1.67
330	30.0	87	36	129	169	154	109	78	58	48	88	30	11	2	0	5.5	1.62
Total	100.0	311	31	114	145	115	82	56	41	31	52	15	6	1	0	4.3	1.39

UTC	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dec	Año
0	3.5	3.8	3.0	2.3	1.8	1.8	1.7	1.2	1.8	2.5	3.4	3.9	2.5
3	4.2	4.1	3.8	2.8	3.1	3.3	2.8	2.7	2.6	3.3	4.3	4.3	3.4
6	4.2	4.2	4.4	3.0	3.1	3.2	3.2	2.9	3.3	3.7	4.2	4.4	3.6
9	4.9	4.7	4.9	3.5	3.6	3.2	3.0	2.5	3.2	4.0	4.4	4.5	3.8
12	4.6	5.0	5.5	4.8	4.9	4.9	4.6	4.7	4.2	4.3	4.0	4.5	4.7
15	4.6	5.3	5.3	4.9	5.4	5.3	5.0	4.8	4.8	4.6	4.2	4.6	4.9
18	2.6	3.2	3.8	3.3	4.1	4.1	3.9	3.5	2.6	2.2	2.4	2.9	3.2
21	3.0	3.1	2.3	1.6	1.5	1.2	1.3	1.1	1.1	1.6	2.6	3.3	2.0
Día	4.0	4.2	4.1	3.3	3.4	3.4	3.2	2.9	3.0	3.3	3.7	4.0	3.5

Clase de rugosidad 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	9.0 1.57	1.6 0.61	1.4 0.77	1.4 0.66	3.0 0.80	7.0 1.78	7.3 1.92	5.8 1.32	3.3 0.88	5.7 1.14	8.7 1.81	10.1 1.77	7.2 1.36
25	9.8 1.58	1.7 0.62	1.5 0.80	1.6 0.67	3.4 0.81	7.6 1.83	8.0 1.98	6.3 1.35	3.7 0.88	6.3 1.15	9.5 1.84	11.0 1.79	7.8 1.38
50	10.4 1.61	1.9 0.62	1.7 0.81	1.8 0.69	3.6 0.82	8.2 1.88	8.6 2.04	6.8 1.39	3.9 0.90	6.7 1.18	10.1 1.89	11.8 1.82	8.4 1.40
100	11.1 1.60	2.0 0.62	1.8 0.79	1.9 0.67	3.8 0.81	8.9 1.82	9.3 1.97	7.3 1.35	4.2 0.90	7.1 1.17	10.9 1.86	12.5 1.81	9.0 1.40
200	11.9 1.57	2.1 0.62	1.9 0.76	2.0 0.65	4.1 0.80	9.8 1.73	10.3 1.87	8.0 1.29	4.5 0.88	7.6 1.14	11.7 1.80	13.4 1.78	9.7 1.37
Frec	10.7	3.3	3.0	3.6	4.0	12.4	11.6	6.2	4.0	5.2	11.2	24.8	100.0

Clase de rugosidad 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	4.6 1.08	0.8 0.58	0.8 0.72	1.2 0.64	2.3 0.76	4.8 1.56	5.1 1.64	2.8 0.87	2.0 0.75	4.3 1.10	6.3 1.69	7.3 1.63	5.0 1.24
25	5.3 1.10	1.0 0.59	1.0 0.76	1.5 0.67	2.8 0.78	5.8 1.68	6.1 1.77	3.3 0.90	2.4 0.77	5.1 1.13	7.4 1.76	8.6 1.67	5.9 1.28
50	6.0 1.14	1.2 0.62	1.3 0.84	1.8 0.73	3.2 0.81	6.8 1.88	7.1 1.99	3.9 0.96	2.7 0.80	5.8 1.18	8.4 1.88	9.6 1.74	6.7 1.34
100	6.9 1.21	1.4 0.65	1.5 0.88	2.2 0.77	3.7 0.86	8.1 2.01	8.5 2.12	4.6 1.02	3.2 0.84	6.6 1.26	9.7 2.02	10.8 1.85	7.8 1.43
200	7.8 1.19	1.6 0.63	1.9 0.85	2.7 0.74	4.2 0.84	10.0 1.92	10.5 2.02	5.4 0.99	3.6 0.83	7.6 1.23	11.3 1.96	12.3 1.81	9.2 1.42
Frec	5.2	2.9	3.0	3.8	4.0	15.0	10.4	4.9	3.7	5.7	12.9	28.4	100.0

Clase de rugosidad 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	3.5 0.99	0.6 0.56	0.5 0.62	1.2 0.67	2.7 0.92	4.2 1.56	4.4 1.61	2.3 0.83	2.0 0.79	4.1 1.20	5.6 1.69	6.3 1.64	4.3 1.24
25	4.3 1.01	0.8 0.58	0.7 0.65	1.5 0.70	3.4 0.95	5.2 1.67	5.4 1.72	2.8 0.86	2.4 0.80	5.0 1.23	6.8 1.75	7.7 1.67	5.3 1.28
50	4.9 1.04	0.9 0.60	0.9 0.70	1.9 0.75	4.0 1.01	6.2 1.85	6.4 1.90	3.3 0.90	2.8 0.83	5.8 1.29	7.9 1.85	8.8 1.73	6.2 1.34
100	5.7 1.09	1.2 0.63	1.1 0.76	2.4 0.81	4.8 1.10	7.4 2.03	7.7 2.09	4.0 0.98	3.3 0.88	6.7 1.39	9.1 2.01	10.0 1.83	7.2 1.43
200	6.4 1.09	1.3 0.62	1.4 0.73	2.8 0.79	5.6 1.06	9.1 1.94	9.4 2.00	4.6 0.95	3.8 0.87	7.8 1.36	10.6 1.96	11.4 1.83	8.5 1.43
Frec	4.7	2.9	3.0	3.8	4.8	14.8	10.0	4.7	3.9	6.3	13.8	27.1	100.0

Clase de rugosidad 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	2.5 0.94	0.4 0.52	0.5 0.63	0.9 0.66	2.6 1.11	3.4 1.59	3.4 1.55	1.8 0.83	1.8 0.85	3.5 1.31	4.5 1.70	5.0 1.66	3.4 1.26
25	3.3 0.96	0.5 0.53	0.7 0.65	1.3 0.68	3.5 1.16	4.4 1.69	4.5 1.64	2.3 0.85	2.3 0.87	4.6 1.34	5.9 1.74	6.5 1.69	4.5 1.29
50	3.9 0.98	0.6 0.55	0.9 0.70	1.6 0.71	4.3 1.24	5.4 1.83	5.4 1.78	2.8 0.88	2.8 0.89	5.4 1.39	7.0 1.81	7.7 1.74	5.4 1.34
100	4.6 1.02	0.8 0.57	1.1 0.77	2.0 0.77	5.2 1.38	6.5 2.08	6.6 2.03	3.5 0.95	3.4 0.94	6.4 1.49	8.2 1.94	8.9 1.82	6.4 1.42
200	5.4 1.04	0.9 0.58	1.4 0.75	2.3 0.76	6.2 1.35	8.0 2.01	8.1 1.96	4.1 0.95	4.0 0.95	7.6 1.51	9.6 1.96	10.4 1.86	7.6 1.45
Frec	4.5	2.9	3.1	3.9	6.2	14.2	9.4	4.6	4.1	7.1	15.6	24.3	100.0

z	Clase 0		Clase 1		Clase 2		Clase 3	
10	6.6	550	4.6	231	4.1	151	3.2	73
25	7.2	699	5.5	355	4.9	259	4.2	153
50	7.6	825	6.2	473	5.7	365	4.9	242
100	8.2	1024	7.1	637	6.6	504	5.8	357
200	8.9	1336	8.3	1044	7.7	821	6.9	574

Menorca

39° 53' 00" N 04° 15' 00" E UTM 31 E 606887 m N 4415632 m 82 m s.n.m.

Situada en el aeropuerto de Mahón en la Isla de Menorca (Islas Baleares). Las elevaciones del terreno a un radio de 5 km desde la estación , son menores que 150 m sobre el nivel del mar.

Sect	z ₀₁	x ₁	z ₀₂	x ₂	z ₀₃	x ₃	z ₀₄	x ₄	z ₀₅	x ₅	z ₀₆	Porc	Grad
0	0.01	400	0.30										
30	0.01	500	0.30										
60	0.01	600	0.30										
90	0.01	500	0.30										
120	0.01	500	0.30										
150	0.01	750	0.30	8000	0.00								
180	0.01	2000	0.20	5000	0.00								
210	0.01	750	0.20	5000	0.00								
240	0.01	500	0.20	5000	0.00								
270	0.01	500	0.20	8000	0.00								
300	0.01	400	0.20										
330	0.01	500	0.20										

Altura del anemómetro: 6.0 m s.n.s.

Periodo: 72060603-82123121

Sect	Frec	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	14.6	123	45	89	82	86	63	82	97	80	129	56	44	15	9	7.5	1.91
30	13.3	123	38	92	110	101	100	107	113	75	88	32	11	7	4	6.5	1.99
60	7.5	220	51	115	143	121	100	76	75	44	45	9	1	1	0	4.7	1.68
90	6.8	261	66	151	164	103	96	59	49	23	22	2	3	1	0	4.0	1.53
120	5.2	337	56	111	139	92	79	69	70	22	17	6	2	0	1	3.9	1.42
150	4.9	392	48	108	131	118	72	50	46	22	8	4	0	0	0	3.5	1.44
180	7.1	229	69	139	195	134	89	60	49	22	12	0	1	0	0	4.1	1.79
210	9.5	213	42	114	159	113	96	88	95	39	36	4	1	0	0	4.7	1.76
240	10.8	164	38	104	152	114	108	100	102	54	46	7	10	0	0	5.4	1.85
270	6.7	265	62	116	122	80	79	104	69	37	45	14	5	3	0	4.5	1.44
300	7.1	251	114	154	132	79	55	41	69	40	44	15	3	2	2	3.9	1.22
330	6.4	264	79	166	121	72	51	58	67	41	49	16	11	3	3	4.0	1.18
Total	100.0	212	56	117	133	101	84	79	81	48	55	18	11	4	2	5.0	1.50

UTC	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dec	Año
0	3.2	4.2	3.4	3.5	2.2	2.2	1.8	2.0	2.1	4.0	4.0	5.1	3.0
3	3.2	6.8	4.0	3.2	3.0	2.5	2.4	2.1	2.6	3.8	3.4	5.7	3.0
6	4.3	4.4	4.0	3.5	2.9	2.9	2.7	2.5	2.2	3.2	3.8	4.2	3.4
9	4.6	5.4	5.7	5.8	5.2	5.2	5.3	4.8	4.4	4.9	4.4	4.8	5.0
12	6.4	6.8	6.5	6.6	5.9	5.7	5.9	5.4	5.6	6.1	5.7	6.2	6.0
15	6.4	6.3	6.2	6.2	5.5	5.4	5.4	5.2	5.1	5.5	5.8	5.9	5.7
18	4.2	4.5	4.4	4.6	4.1	4.5	4.1	4.1	3.4	3.3	3.6	4.2	4.1
21	3.8	3.7	3.4	2.7	2.3	2.3	1.9	2.1	2.1	3.2	3.3	4.3	2.9
Día	4.9	5.2	5.0	4.8	4.2	4.2	4.1	3.8	3.7	4.3	4.4	5.0	4.4

Clase de rugosidad 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	11.9 1.88	11.4 1.89	9.1 1.83	7.2 1.85	6.8 1.72	5.3 1.40	5.3 1.70	6.3 1.74	7.3 1.81	6.9 1.58	6.7 1.44	6.6 1.30	8.0 1.51
25	12.9 1.89	12.4 1.91	9.9 1.85	7.9 1.90	7.5 1.76	5.8 1.44	5.8 1.76	6.8 1.79	7.9 1.87	7.6 1.62	7.4 1.46	7.2 1.32	8.8 1.53
50	13.8 1.91	13.1 1.94	10.6 1.90	8.5 1.96	8.0 1.81	6.3 1.48	6.2 1.80	7.4 1.84	8.5 1.91	8.1 1.67	7.9 1.50	7.7 1.35	9.4 1.56
100	14.6 1.92	14.0 1.94	11.3 1.87	9.2 1.90	8.6 1.76	6.8 1.44	6.7 1.74	8.0 1.78	9.3 1.85	8.8 1.62	8.4 1.47	8.2 1.33	10.1 1.56
200	15.6 1.89	14.9 1.90	12.2 1.82	10.1 1.81	9.5 1.68	7.4 1.36	7.4 1.65	8.8 1.69	10.2 1.76	9.6 1.54	9.1 1.42	8.8 1.30	10.9 1.54
Frec	12.4	13.6	9.1	7.0	5.7	5.0	6.5	8.8	10.5	7.8	6.9	6.6	100.0

Clase de rugosidad 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	9.0 1.87	7.9 1.76	5.8 1.67	4.8 1.55	4.7 1.44	3.4 1.19	3.7 1.50	4.4 1.48	5.1 1.55	4.6 1.27	4.6 1.24	4.7 1.20	5.6 1.38
25	10.5 1.90	9.3 1.79	6.8 1.76	5.8 1.67	5.6 1.53	4.1 1.28	4.4 1.62	5.3 1.59	6.2 1.67	5.5 1.35	5.5 1.29	5.6 1.24	6.7 1.43
50	11.7 1.95	10.4 1.86	7.8 1.91	6.8 1.88	6.5 1.69	4.8 1.43	5.2 1.81	6.2 1.79	7.2 1.87	6.3 1.48	6.3 1.37	6.4 1.30	7.6 1.52
100	13.0 2.05	11.6 1.98	9.1 2.05	8.0 2.00	7.7 1.80	5.8 1.52	6.1 1.93	7.4 1.90	8.5 1.99	7.5 1.58	7.2 1.47	7.3 1.39	8.8 1.63
200	14.6 2.03	13.1 1.94	10.9 1.98	9.9 1.91	9.3 1.73	7.2 1.46	7.6 1.84	9.2 1.81	10.6 1.90	9.0 1.52	8.4 1.42	8.4 1.35	10.5 1.65
Frec	14.2	13.4	7.8	6.8	5.3	4.9	7.1	9.4	10.8	6.8	7.1	6.4	100.0

Clase de rugosidad 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	7.8 1.88	6.8 1.76	4.9 1.69	4.2 1.54	4.0 1.42	2.9 1.21	3.2 1.48	3.9 1.51	4.5 1.55	3.9 1.25	4.0 1.22	4.3 1.20	4.9 1.38
25	9.4 1.91	8.3 1.80	6.0 1.78	5.2 1.65	5.0 1.51	3.7 1.29	4.0 1.58	4.9 1.61	5.6 1.65	4.8 1.31	4.9 1.26	5.3 1.23	6.0 1.43
50	10.7 1.96	9.4 1.85	7.0 1.93	6.1 1.82	5.9 1.65	4.4 1.43	4.8 1.74	5.8 1.78	6.5 1.82	5.7 1.42	5.7 1.33	6.0 1.27	7.0 1.50
100	12.1 2.04	10.7 1.96	8.2 2.12	7.3 2.00	7.0 1.81	5.3 1.56	5.7 1.92	6.9 1.96	7.8 2.00	6.8 1.56	6.6 1.45	7.0 1.37	8.1 1.62
200	13.7 2.06	12.2 1.96	9.9 2.04	9.0 1.91	8.5 1.74	6.5 1.50	7.0 1.83	8.5 1.87	9.6 1.92	8.1 1.50	7.7 1.40	8.0 1.35	9.6 1.65
Frec	14.6	13.1	7.5	6.7	5.2	5.1	7.2	9.6	10.6	6.7	7.1	6.7	100.0

Clase de rugosidad 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	6.1 1.88	5.3 1.74	3.8 1.69	3.3 1.53	3.1 1.41	2.4 1.27	2.6 1.48	3.1 1.49	3.5 1.52	3.0 1.22	3.1 1.23	4.0 1.31	3.8 1.38
25	7.8 1.91	6.8 1.77	5.0 1.77	4.3 1.62	4.1 1.49	3.1 1.34	3.5 1.56	4.2 1.58	4.6 1.61	4.0 1.27	4.1 1.26	5.2 1.34	5.0 1.43
50	9.2 1.95	8.0 1.82	6.0 1.90	5.2 1.76	4.9 1.60	3.8 1.45	4.2 1.70	5.0 1.71	5.6 1.74	4.8 1.35	4.9 1.31	6.2 1.38	6.0 1.49
100	10.7 2.02	9.4 1.91	7.1 2.13	6.3 2.00	6.0 1.81	4.7 1.65	5.1 1.93	6.1 1.94	6.8 1.98	5.8 1.50	5.9 1.41	7.2 1.44	7.2 1.60
200	12.3 2.07	10.8 1.95	8.6 2.07	7.7 1.92	7.3 1.75	5.7 1.59	6.3 1.86	7.5 1.87	8.2 1.91	7.0 1.47	6.9 1.42	8.4 1.47	8.5 1.64
Frec	14.4	12.4	7.4	6.5	5.2	5.3	7.5	9.7	10.1	6.7	7.0	7.6	100.0

z	Clase 0		Clase 1		Clase 2		Clase 3	
10	7.2	623	5.1	259	4.5	169	3.5	81
25	7.9	794	6.1	399	5.5	290	4.6	171
50	8.4	940	6.9	534	6.3	412	5.4	271
100	9.0	1165	7.9	731	7.3	579	6.4	404
200	9.8	1508	9.4	1194	8.6	936	7.6	650

Murcia

37° 58' 00" N 01° 14' 00" W UTM 30 E 655191 m N 4203658 m 75 m s.n.m.

Situada en el valle de orientación SW-NE, que tiene la Sierra de Carrascoy (> 500 m) a 100 km al SE y una zona de pequeñas colinas a 3-4 km hacia el NW. El aeropuerto se encuentra en los suburbios de la ciudad de Alcantarilla y está, por lo tanto, rodeado de zonas edificadas, excepto en los sectores W, NW y N. El anemómetro se encuentra a 7.7 m por encima de la cubierta de un edificio de 3.2 m de altura.

Sect	z ₀₁	x ₁	z ₀₂	x ₂	z ₀₃	x ₃	z ₀₄	x ₄	z ₀₅	x ₅	z ₀₆	Porc	Grad
0	0.01	500	0.10										-2
30	0.10	1000	0.30										-15
60	0.10	1000	0.30										-17
90	0.10	600	0.30										-16
120	0.20	1000	0.05	5000	0.20								-20
150	0.20	2000	0.05	4000	0.20								-17
180	0.10	500	0.30	2000	0.05	5000	0.20						-6
210	0.10	2000	0.05	7000	0.20								-13
240	0.10	300	0.01	3000	0.10								-21
270	0.01	500	0.10										-20
300	0.01	500	0.10										-6
330	0.01	500	0.10										

Altura del anemómetro: 10.9 m s.n.s.

Período: 72060612-82123118

Sect	Frec	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	5.4	307	16	92	173	193	109	57	16	13	22	1	0	1	0	4.2	1.90
30	10.0	168	8	49	136	138	150	113	90	48	69	18	7	6	0	6.0	2.03
60	15.3	101	6	46	105	184	143	146	110	55	90	11	2	2	0	6.3	2.35
90	8.5	223	15	102	127	204	148	104	38	15	13	8	0	1	0	4.8	2.29
120	7.1	248	14	78	155	176	177	96	41	9	5	0	0	0	0	4.6	2.43
150	6.3	257	16	84	117	164	141	117	70	27	6	0	0	0	0	4.8	2.29
180	5.3	272	38	121	145	139	113	94	56	14	8	1	0	0	0	4.2	1.89
210	9.4	158	40	82	144	192	120	107	81	41	32	2	1	0	0	5.2	2.17
240	7.9	173	66	188	218	181	86	34	21	18	11	1	1	1	0	4.0	1.90
270	8.0	189	60	238	223	134	58	36	30	13	15	4	0	0	0	3.8	1.69
300	9.4	149	71	228	146	105	83	67	49	28	55	9	7	5	0	4.3	1.36
330	7.4	187	39	149	205	180	80	47	41	24	41	6	0	1	0	4.4	1.68
Total	100.0	187	31	117	153	166	119	90	60	29	37	6	2	2	0	4.9	1.89

UTC	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dec	Año
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	2.8	3.0	3.0	3.1	2.6	2.5	2.8	2.8	2.3	2.6	3.0	2.7	2.8
9	3.2	3.9	4.4	4.6	4.2	4.1	4.2	3.9	3.5	3.9	3.5	3.5	3.9
12	4.5	4.7	5.7	6.0	6.0	6.0	5.9	5.4	5.0	4.9	4.5	4.5	5.3
15	4.6	5.7	6.2	6.6	6.4	6.5	6.4	6.3	5.8	5.6	5.0	4.7	5.8
18	3.5	4.7	5.4	5.7	5.7	5.5	5.5	5.5	4.8	4.6	3.6	3.1	4.8
21	2.4	2.1	3.6	3.8	3.8	3.7	4.1	4.2	3.1	3.0	3.4	1.8	3.6
Día	3.8	4.4	4.9	5.2	4.9	4.9	4.9	4.8	4.2	4.3	3.9	3.7	4.5

Clase de rugosidad 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	6.4 2.15	10.6 1.88	12.6 2.40	11.2 2.37	9.8 2.69	9.9 2.63	8.5 2.25	9.3 2.43	8.1 2.22	7.1 2.06	6.9 1.65	6.7 1.78	9.2 1.94
25	7.0 2.21	11.5 1.90	13.7 2.42	12.2 2.40	10.7 2.75	10.9 2.69	9.3 2.31	10.1 2.49	8.9 2.29	7.8 2.13	7.6 1.69	7.3 1.83	10.1 1.97
50	7.6 2.27	12.3 1.93	14.6 2.46	13.0 2.45	11.4 2.83	11.6 2.77	9.9 2.37	10.8 2.56	9.6 2.35	8.3 2.18	8.1 1.73	7.8 1.88	10.8 2.02
100	8.2 2.20	13.1 1.92	15.5 2.45	13.9 2.43	12.3 2.76	12.5 2.70	10.7 2.31	11.7 2.50	10.4 2.28	9.0 2.11	8.7 1.69	8.5 1.82	11.6 2.01
200	9.1 2.08	14.0 1.88	16.6 2.41	15.0 2.37	13.5 2.65	13.6 2.60	11.8 2.20	12.8 2.39	11.4 2.17	10.0 2.00	9.5 1.62	9.4 1.73	12.6 1.97
Frec	6.1	8.4	13.5	10.7	7.6	6.6	5.7	8.0	8.4	7.9	9.0	8.1	100.0

Clase de rugosidad 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	4.4 1.84	8.3 1.94	9.1 2.29	7.4 2.22	6.9 2.38	7.1 2.26	5.5 1.86	6.7 2.12	5.3 1.85	4.8 1.69	4.8 1.38	4.5 1.60	6.5 1.76
25	5.3 1.98	9.7 1.98	10.7 2.35	8.8 2.32	8.1 2.53	8.4 2.38	6.6 2.01	7.9 2.24	6.3 2.00	5.8 1.82	5.7 1.46	5.4 1.72	7.7 1.83
50	6.1 2.23	10.8 2.06	11.9 2.43	9.9 2.48	9.3 2.77	9.5 2.58	7.6 2.26	9.0 2.44	7.3 2.25	6.7 2.05	6.6 1.59	6.3 1.94	8.8 1.96
100	7.3 2.37	12.1 2.20	13.4 2.60	11.3 2.67	10.8 2.97	11.0 2.77	9.0 2.40	10.4 2.62	8.7 2.40	8.0 2.17	7.7 1.71	7.5 2.06	10.1 2.12
200	9.0 2.27	13.8 2.15	15.2 2.54	13.3 2.58	13.2 2.85	13.1 2.67	11.2 2.30	12.6 2.52	10.8 2.29	9.9 2.08	9.2 1.64	9.4 1.97	12.1 2.13
Frec	5.6	9.4	14.7	9.2	7.3	6.4	5.5	8.9	8.1	8.0	9.4	7.6	100.0

Clase de rugosidad 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	3.8 1.88	7.4 2.00	8.0 2.33	6.2 2.27	6.0 2.40	6.2 2.26	4.6 1.85	5.8 2.14	4.4 1.85	4.2 1.67	4.1 1.37	4.0 1.67	5.7 1.76
25	4.8 2.01	8.9 2.05	9.7 2.38	7.6 2.37	7.3 2.54	7.5 2.37	5.7 1.98	7.2 2.25	5.5 1.98	5.2 1.79	5.1 1.43	4.9 1.79	6.9 1.83
50	5.6 2.22	10.1 2.11	11.0 2.46	8.8 2.53	8.5 2.76	8.7 2.54	6.7 2.19	8.3 2.42	6.5 2.20	6.1 1.98	6.0 1.54	5.8 1.98	8.0 1.94
100	6.6 2.44	11.5 2.24	12.5 2.61	10.2 2.78	10.0 3.03	10.1 2.79	8.0 2.41	9.7 2.66	7.7 2.41	7.3 2.17	7.0 1.69	6.9 2.17	9.3 2.11
200	8.2 2.34	13.2 2.23	14.2 2.60	12.1 2.69	12.1 2.91	12.1 2.69	9.9 2.31	11.6 2.56	9.5 2.31	9.0 2.08	8.4 1.63	8.5 2.08	11.1 2.13
Frec	5.4	9.7	15.1	8.7	7.1	6.3	5.4	9.3	7.9	8.0	9.5	7.5	100.0

Clase de rugosidad 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	3.4 1.58	5.8 2.04	6.2 2.32	4.8 2.28	4.7 2.40	4.7 2.20	3.8 1.92	4.5 2.08	3.5 1.85	3.3 1.62	3.2 1.37	3.1 1.67	4.4 1.76
25	4.4 1.67	7.5 2.08	8.0 2.37	6.2 2.37	6.1 2.51	6.2 2.30	4.9 2.03	5.9 2.18	4.6 1.96	4.3 1.71	4.2 1.42	4.1 1.77	5.8 1.82
50	5.4 1.82	8.9 2.14	9.4 2.43	7.4 2.51	7.3 2.69	7.4 2.43	6.0 2.21	7.0 2.32	5.5 2.13	5.2 1.86	5.1 1.51	4.9 1.93	6.9 1.92
100	6.5 2.07	10.3 2.24	11.0 2.55	8.8 2.78	8.7 3.02	8.7 2.69	7.2 2.52	8.3 2.58	6.6 2.43	6.3 2.12	6.1 1.68	6.0 2.19	8.2 2.08
200	8.0 1.99	12.0 2.29	12.7 2.60	10.5 2.75	10.5 2.94	10.4 2.65	8.8 2.42	10.0 2.53	8.1 2.34	7.7 2.04	7.3 1.65	7.3 2.12	9.8 2.12
Frec	5.6	10.4	14.8	8.4	7.0	6.3	5.7	9.3	7.9	8.3	9.2	7.2	100.0

z	Clase 0		Clase 1		Clase 2		Clase 3	
10	8.2	660	5.8	260	5.0	171	3.9	82
25	8.9	842	6.8	409	6.1	298	5.1	175
50	9.5	1006	7.8	560	7.1	433	6.1	282
100	10.2	1255	9.0	799	8.3	628	7.3	433
200	11.1	1639	10.7	1339	9.8	1043	8.7	718

Palma de Mallorca

39° 33' 00" N 02° 44' 00" E UTM 31 E 477087 m N 4377922 m 4 m s.n.m.

Situada en el aeropuerto de Son San Juan, al E de los suburbios de la ciudad de Palma de Mallorca (Islas Baleares). Hacia el S y el SW está la Bahía de Palma. A unos 15 km al NW se encuentra la cadena montañosa de la Sierra de Alfàbia, orientada en la dirección SW-NE con alturas de más de 1000 m.

Sect	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Porc	Grad
0	0.01	600	0.30										
30	0.01	600	0.30										
60	0.01	2000	0.05	4500	0.30								
90	0.01	1250	0.30	2150	0.01	8500	0.30						
120	0.01	1000	0.10	3000	0.30								
150	0.01	1000	0.30	2000	0.00	6000	0.05						
180	0.01	600	0.30	1500	0.00								
210	0.01	500	0.10	1000	0.00								
240	0.01	500	0.20	1000	0.00								
270	0.01	250	0.10	500	0.30	1700	0.00	8000	0.30				
300	0.01	1000	0.30										
330	0.01	500	0.10	3000	0.30								

Altura del anemómetro: 6.0 m s.n.s.

Período: 72060606-82123121

Sect	Frec	< 1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	4.3	868	8	40	34	17	10	6	10	4	3	0	0	0	0	0.3	0.50
30	6.0	606	22	53	82	52	50	46	44	18	20	5	1	1	0	2.2	0.92
60	16.0	240	28	113	144	112	95	101	90	31	39	4	1	0	0	4.7	1.76
90	7.5	491	31	120	115	91	64	45	25	11	4	1	0	1	0	2.7	1.23
120	4.5	820	27	49	38	23	23	12	5	2	1	0	0	0	0	0.4	0.55
150	4.6	810	15	34	65	28	23	19	3	2	0	1	0	0	0	0.5	0.57
180	4.4	805	13	46	50	23	21	17	20	2	3	0	0	0	0	0.5	0.57
210	13.7	267	14	81	136	136	132	123	73	17	21	1	0	0	0	4.8	2.07
240	16.1	230	12	77	125	132	127	128	98	31	37	3	0	0	0	5.2	2.15
270	7.7	510	15	69	103	76	55	55	49	20	40	7	1	0	0	3.2	1.15
300	8.4	444	13	69	88	94	77	77	70	25	33	8	1	0	0	3.8	1.35
330	6.7	546	13	53	58	59	70	72	62	16	38	10	2	1	0	3.1	1.07
Total	100.0	446	18	76	103	90	80	78	60	19	25	4	1	0	0	3.6	1.36

UTC	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dec	Año
0	2.0	1.5	1.4	1.2	0.8	1.1	0.8	0.7	0.7	1.6	1.4	2.3	1.3
3	1.9	2.0	1.5	1.0	0.9	0.9	0.6	0.7	0.5	1.6	1.4	2.5	1.3
6	1.9	1.8	1.4	1.3	1.2	1.2	0.9	0.8	0.6	1.5	1.2	2.2	1.3
9	2.1	2.2	2.7	3.4	3.5	3.6	3.2	2.8	2.2	2.8	1.8	2.4	2.7
12	4.4	4.8	5.3	5.4	5.5	6.0	5.9	5.5	4.9	4.8	4.2	4.8	5.1
15	4.9	5.4	5.6	5.6	5.5	6.1	6.5	5.9	5.5	5.2	4.7	5.1	5.5
18	2.9	3.4	3.5	4.1	4.0	4.7	4.8	4.5	3.4	2.9	2.1	3.0	3.6
21	2.1	1.9	1.7	1.6	1.6	1.8	1.6	1.2	1.1	1.7	1.4	2.4	1.7
Día	2.8	2.9	2.9	3.0	2.9	3.2	3.1	2.8	2.4	2.8	2.3	3.1	2.8

Clase de rugosidad 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	1.7 0.71	3.2 0.94	7.2 2.05	5.6 1.72	2.0 0.92	1.3 0.82	1.0 0.67	5.6 1.90	6.4 2.13	6.1 1.79	6.1 1.53	5.6 1.32	5.1 1.41
25	1.9 0.72	3.5 0.95	7.9 2.11	6.2 1.77	2.2 0.94	1.5 0.84	1.2 0.69	6.1 1.96	7.0 2.20	6.7 1.84	6.7 1.58	6.2 1.35	5.6 1.44
50	2.0 0.74	3.8 0.98	8.5 2.17	6.6 1.82	2.4 0.96	1.6 0.86	1.3 0.70	6.6 2.01	7.5 2.26	7.2 1.89	7.2 1.62	6.6 1.39	6.1 1.47
100	2.1 0.73	4.1 0.96	9.2 2.10	7.2 1.76	2.6 0.94	1.7 0.84	1.3 0.69	7.1 1.95	8.1 2.19	7.8 1.83	7.8 1.58	7.1 1.36	6.5 1.44
200	2.3 0.71	4.3 0.93	10.2 1.99	7.9 1.67	2.8 0.89	1.8 0.80	1.4 0.66	7.9 1.85	9.0 2.07	8.6 1.74	8.5 1.50	7.7 1.31	7.2 1.38
Frec	4.9	5.6	13.5	9.6	5.3	4.6	4.5	11.4	15.5	9.7	8.2	7.1	100.0

Clase de rugosidad 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	0.6 0.61	2.6 0.92	5.1 1.79	2.9 1.25	0.7 0.65	0.5 0.60	0.4 0.51	4.1 1.73	4.5 1.79	3.5 1.17	4.4 1.36	3.6 1.08	3.4 1.21
25	0.8 0.64	3.2 0.96	6.2 1.94	3.6 1.34	0.9 0.69	0.7 0.63	0.5 0.53	4.9 1.86	5.4 1.93	4.3 1.26	5.3 1.45	4.3 1.13	4.2 1.28
50	1.0 0.70	3.7 1.04	7.1 2.18	4.2 1.51	1.1 0.76	0.9 0.69	0.7 0.58	5.7 2.09	6.3 2.17	5.0 1.40	6.2 1.60	5.0 1.21	4.9 1.38
100	1.3 0.74	4.4 1.11	8.5 2.32	5.0 1.60	1.4 0.80	1.1 0.72	0.8 0.60	6.8 2.23	7.5 2.31	6.0 1.49	7.3 1.71	5.8 1.30	5.8 1.46
200	1.6 0.71	5.2 1.07	10.5 2.21	6.2 1.53	1.7 0.77	1.3 0.70	1.0 0.58	8.4 2.13	9.3 2.21	7.4 1.42	8.9 1.64	6.9 1.26	7.1 1.42
Frec	4.3	6.0	15.9	7.6	4.5	4.6	4.4	13.7	16.1	7.6	8.4	6.7	100.0

Clase de rugosidad 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	0.4 0.51	2.8 1.07	4.4 1.78	2.5 1.22	0.4 0.56	0.4 0.59	1.0 0.70	3.6 1.73	3.9 1.75	3.1 1.17	3.8 1.35	3.0 1.04	3.0 1.20
25	0.5 0.53	3.5 1.13	5.5 1.90	3.1 1.30	0.5 0.59	0.6 0.62	1.3 0.74	4.4 1.85	4.8 1.87	3.9 1.25	4.7 1.43	3.7 1.08	3.7 1.26
50	0.6 0.56	4.2 1.22	6.4 2.11	3.7 1.44	0.7 0.64	0.8 0.67	1.6 0.80	5.2 2.05	5.7 2.07	4.6 1.37	5.6 1.56	4.3 1.15	4.4 1.36
100	0.7 0.60	5.0 1.33	7.7 2.31	4.4 1.57	0.9 0.69	1.0 0.72	2.1 0.87	6.2 2.25	6.8 2.27	5.6 1.51	6.6 1.71	5.1 1.26	5.3 1.46
200	0.9 0.58	6.0 1.28	9.5 2.22	5.4 1.51	1.1 0.66	1.2 0.70	2.5 0.84	7.7 2.15	8.4 2.17	6.8 1.44	8.0 1.64	6.0 1.22	6.5 1.42
Frec	4.4	6.8	15.4	7.2	4.6	4.6	5.2	13.9	15.3	7.7	8.3	6.5	100.0

Clase de rugosidad 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	0.5 0.58	2.6 1.25	3.4 1.74	1.8 1.13	0.6 0.69	0.6 0.70	1.5 0.95	2.9 1.75	3.0 1.69	2.5 1.21	3.0 1.32	2.1 0.99	2.4 1.22
25	0.6 0.59	3.5 1.32	4.5 1.84	2.4 1.19	0.8 0.73	0.8 0.74	2.0 1.00	3.8 1.85	4.0 1.79	3.3 1.27	3.9 1.38	2.8 1.02	3.2 1.28
50	0.8 0.62	4.3 1.43	5.4 2.00	2.9 1.29	1.0 0.77	1.0 0.79	2.5 1.08	4.6 2.01	4.8 1.94	4.1 1.37	4.7 1.48	3.4 1.08	3.9 1.36
100	1.0 0.66	5.2 1.62	6.5 2.28	3.6 1.46	1.3 0.87	1.3 0.88	3.1 1.22	5.5 2.29	5.9 2.21	5.0 1.56	5.7 1.66	4.2 1.17	4.7 1.51
200	1.2 0.66	6.3 1.56	8.0 2.19	4.3 1.41	1.5 0.84	1.5 0.85	3.8 1.17	6.8 2.21	7.2 2.13	6.1 1.50	6.9 1.62	4.9 1.16	5.7 1.47
Frec	4.6	8.1	14.3	6.8	4.6	4.6	6.4	14.2	14.3	7.8	8.1	6.3	100.0

z	Clase 0		Clase 1		Clase 2		Clase 3	
10	4.7	187	3.2	81	2.8	53	2.2	26
25	5.1	236	3.9	124	3.5	91	2.9	54
50	5.5	281	4.4	165	4.0	128	3.5	85
100	5.9	370	5.3	251	4.8	190	4.2	126
200	6.5	529	6.5	497	5.9	369	5.2	237

Pamplona

42° 46' 12" N 01° 38' 46" W UTM 30 E 610769 m N 4736248 m 454 m s.n.m.

Situada en el aeropuerto de Pamplona, a unos 5 km al S de la ciudad, y a unos 600 m al NW del pueblo de Noain.

Sect	z ₀₁	x ₁	z ₀₂	x ₂	z ₀₃	x ₃	z ₀₄	x ₄	z ₀₅	x ₅	z ₀₆	Porc	Grad
0	0.03	250	0.10	3000	0.30								
30	0.03	125	0.10	1000	0.30								
60	0.03	500	0.10										
90	0.03	500	0.10										
120	0.03	500	0.30	1250	0.10	10000	0.30						-2
150	0.03	750	0.30	2000	0.10	7000	0.30						
180	0.03	500	0.20	2000	0.15	9000	0.30						
210	0.03	800	0.10	6000	0.30								
240	0.03	1000	0.10	2500	0.30								
270	0.03	1000	0.10	5000	0.30								
300	0.03	1000	0.10	4000	0.30								
330	0.03	2000	0.10	4500	0.30								

Altura del anemómetro: 6.0 m s.n.s.

Período: 73080815-82123118

Sect	Frec	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	13.6	258	12	45	75	97	118	111	99	60	101	17	5	2	0	6.1	2.03
30	4.5	810	6	44	22	37	40	8	12	3	12	2	2	0	2	0.5	0.52
60	4.0	924	12	27	21	8	4	1	1	0	2	0	0	0	0	0.7	0.78
90	4.5	804	8	56	42	25	26	16	8	1	10	1	0	3	0	0.5	0.54
120	6.2	522	10	46	57	72	65	70	61	30	60	3	2	0	2	3.5	1.14
150	7.6	449	11	64	68	69	58	60	57	40	87	23	3	8	2	4.3	1.19
180	7.9	424	21	73	112	116	87	58	44	24	29	6	1	5	1	3.9	1.34
210	4.9	669	11	47	63	61	68	44	17	6	11	1	1	1	0	1.7	0.83
240	4.8	742	6	40	37	49	30	26	24	14	25	2	2	3	0	1.1	0.65
270	4.7	741	18	45	76	29	29	24	22	4	11	1	0	0	0	0.9	0.67
300	10.6	331	10	92	137	127	87	85	59	25	37	9	0	1	0	4.4	1.60
330	26.6	138	7	45	79	111	155	149	112	69	118	13	2	1	1	6.7	2.55
Total	100.0	420	10	53	76	85	91	83	65	37	65	9	2	2	1	4.4	1.41

UTC	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dec	Año
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	2.4	2.6	2.2	2.2	1.6	1.4	1.5	1.1	1.2	1.7	1.8	2.7	1.8
9	2.6	2.6	2.7	3.9	3.2	3.0	3.0	2.3	2.3	2.6	2.1	2.8	2.7
12	3.8	4.2	4.5	5.6	4.6	4.7	5.0	4.1	3.9	4.3	3.5	3.7	4.3
15	4.5	5.1	5.5	6.5	5.2	6.0	6.0	5.8	5.2	4.7	4.2	4.3	5.2
18	3.2	4.0	4.4	5.9	5.1	6.1	6.5	6.3	4.7	3.7	3.6	3.3	4.8
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Día	3.3	3.7	3.9	4.9	3.9	4.2	4.4	3.9	3.5	3.5	3.1	3.4	3.8

Clase de rugosidad 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	10.9 2.53	7.5 1.44	1.0 0.63	1.1 0.64	4.6 1.02	7.1 1.28	6.9 1.39	5.0 1.24	2.5 0.80	1.9 0.74	6.8 1.67	10.6 2.69	7.3 1.44
25	11.8 2.57	8.2 1.46	1.1 0.63	1.2 0.65	5.0 1.03	7.8 1.30	7.6 1.41	5.4 1.26	2.7 0.81	2.1 0.74	7.5 1.71	11.6 2.74	8.0 1.46
50	12.6 2.63	8.8 1.49	1.3 0.65	1.3 0.67	5.3 1.05	8.3 1.32	8.1 1.44	5.8 1.29	3.0 0.83	2.2 0.76	8.0 1.76	12.4 2.82	8.6 1.48
100	13.5 2.60	9.3 1.48	1.3 0.64	1.4 0.65	5.7 1.04	8.8 1.31	8.6 1.43	6.3 1.27	3.2 0.81	2.4 0.75	8.6 1.71	13.3 2.76	9.2 1.47
200	14.6 2.52	10.0 1.44	1.4 0.62	1.5 0.63	6.1 1.02	9.4 1.29	9.3 1.39	6.8 1.22	3.3 0.80	2.5 0.73	9.4 1.64	14.4 2.67	9.9 1.44
Frec	18.2	7.7	4.2	4.3	5.7	7.1	7.8	6.0	4.8	4.7	8.5	21.0	100.0

Clase de rugosidad 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	7.7 2.12	2.8 0.85	0.5 0.58	0.8 0.61	4.0 1.07	5.1 1.19	4.8 1.31	2.5 0.93	1.5 0.68	1.2 0.69	5.1 1.56	7.8 2.50	5.1 1.31
25	9.0 2.20	3.3 0.87	0.7 0.62	1.0 0.63	4.7 1.10	6.1 1.22	5.7 1.37	3.1 0.98	1.7 0.69	1.5 0.72	6.1 1.66	9.1 2.62	6.0 1.35
50	10.1 2.32	3.8 0.90	0.9 0.67	1.3 0.67	5.4 1.16	6.8 1.26	6.5 1.46	3.6 1.06	2.0 0.72	1.9 0.77	7.1 1.83	10.3 2.80	6.9 1.41
100	11.5 2.49	4.4 0.96	1.1 0.70	1.5 0.71	6.2 1.24	7.8 1.35	7.6 1.56	4.3 1.13	2.4 0.76	2.3 0.82	8.3 1.96	11.8 3.01	7.9 1.49
200	13.4 2.42	4.9 0.94	1.3 0.68	1.8 0.69	7.1 1.21	8.8 1.31	8.9 1.51	5.2 1.09	2.7 0.74	2.7 0.80	10.1 1.88	13.9 2.91	9.3 1.46
Frec	15.1	5.6	4.1	4.4	6.0	7.4	7.8	5.3	4.8	4.7	9.9	24.7	100.0

Clase de rugosidad 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	6.6 2.06	1.3 0.65	0.6 0.69	0.6 0.56	3.7 1.12	4.5 1.19	4.1 1.32	1.9 0.87	1.2 0.67	1.0 0.69	4.6 1.60	6.8 2.53	4.4 1.30
25	8.0 2.12	1.5 0.66	0.8 0.73	0.7 0.57	4.5 1.15	5.5 1.22	5.1 1.38	2.4 0.92	1.5 0.68	1.3 0.72	5.6 1.69	8.3 2.63	5.4 1.34
50	9.2 2.22	1.8 0.68	1.0 0.79	0.9 0.59	5.2 1.21	6.3 1.26	5.9 1.46	2.9 0.99	1.8 0.70	1.6 0.76	6.6 1.83	9.5 2.80	6.2 1.39
100	10.6 2.42	2.1 0.70	1.3 0.85	1.1 0.63	6.1 1.30	7.2 1.33	6.9 1.60	3.5 1.07	2.1 0.74	2.0 0.83	7.8 2.01	11.0 3.06	7.3 1.47
200	12.3 2.35	2.4 0.70	1.5 0.82	1.2 0.62	7.1 1.27	8.3 1.33	8.2 1.55	4.2 1.04	2.4 0.73	2.4 0.80	9.4 1.94	12.9 2.97	8.5 1.45
Frec	14.0	4.9	4.1	4.5	6.1	7.6	7.9	5.1	4.8	4.7	10.4	26.0	100.0

Clase de rugosidad 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	5.1 1.99	0.4 0.52	0.7 0.84	0.6 0.60	3.0 1.15	3.5 1.21	3.2 1.30	1.3 0.82	0.9 0.66	1.3 0.81	3.9 1.73	5.4 2.55	3.5 1.31
25	6.7 2.05	0.6 0.52	0.9 0.88	0.8 0.61	4.0 1.18	4.6 1.23	4.1 1.35	1.8 0.86	1.2 0.67	1.7 0.85	5.2 1.81	7.0 2.63	4.5 1.34
50	7.9 2.12	0.7 0.52	1.2 0.94	1.0 0.63	4.7 1.23	5.5 1.26	5.0 1.42	2.2 0.91	1.5 0.69	2.1 0.90	6.2 1.92	8.3 2.76	5.4 1.38
100	9.2 2.27	0.8 0.54	1.5 1.06	1.3 0.66	5.6 1.30	6.4 1.33	6.0 1.56	2.8 1.01	1.8 0.72	2.7 1.00	7.4 2.14	9.7 3.00	6.4 1.46
200	10.8 2.30	0.9 0.55	1.8 1.02	1.5 0.67	6.6 1.32	7.5 1.35	7.1 1.55	3.3 0.98	2.1 0.73	3.2 0.98	8.9 2.10	11.5 3.00	7.6 1.46
Frec	12.9	4.5	4.0	4.6	6.3	7.6	7.7	4.9	4.8	5.2	11.9	25.5	100.0

z	Clase 0		Clase 1		Clase 2		Clase 3	
10	6.6	519	4.7	213	4.1	140	3.2	67
25	7.2	662	5.5	331	4.9	241	4.2	143
50	7.7	783	6.3	447	5.7	345	4.9	228
100	8.3	979	7.2	619	6.6	489	5.8	344
200	9.0	1277	8.4	1032	7.7	808	6.9	562

Salamanca

40° 56' 50" N 05° 29' 40" W UTM 30 E 290027 m N 4535974 m 790 m s.n.m.

Situada en el altiplano, a unos 15 km al E de la ciudad de Salamanca. El anemómetro está cerca de las pistas del aeropuerto en donde la superficie de las pistas está cubierta de hierba. Los edificios más cercanos se encuentran en el sector SE, a distancias superiores a 300 m.

Sect	z ₀₁	x ₁	z ₀₂	x ₂	z ₀₃	x ₃	z ₀₄	x ₄	z ₀₅	x ₅	z ₀₆	Porc	Grad
0	0.01	1600	0.10										
30	0.01	2000	0.10										
60	0.01	1500	0.10										
90	0.01	1250	0.10										
120	0.01	300	0.30	1250	0.15								
150	0.01	500	0.30	1000	0.15								
180	0.01	750	0.30	1500	0.15								
210	0.01	1500	0.10										
240	0.01	750	0.30	3500	0.20								
270	0.01	1500	0.30										
300	0.01	1100	0.30										
330	0.01	1000	0.30	3000	0.10								

Altura del anemómetro: 10.3 m s.n.s.

Período: 72060609-82123118

Sect	Frec	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	5.5	508	78	137	98	65	40	27	12	15	14	4	1	0	1	2.3	1.01
30	8.3	344	77	148	131	102	63	49	31	25	22	5	1	0	1	3.4	1.33
60	12.9	232	76	147	181	117	87	68	42	21	23	4	1	0	1	4.1	1.57
90	8.4	382	101	190	128	82	50	33	16	7	9	0	2	0	1	2.8	1.30
120	4.4	643	98	115	50	31	18	16	12	9	7	1	0	0	0	1.2	0.79
150	3.6	723	74	88	54	28	16	5	8	2	2	0	0	0	0	0.8	0.71
180	5.8	503	78	127	82	73	34	36	27	13	21	3	2	0	1	2.4	1.00
210	9.9	275	42	71	71	88	78	87	63	54	101	42	13	8	6	5.7	1.55
240	12.1	241	36	88	103	93	88	88	74	58	91	26	11	2	2	5.6	1.62
270	14.7	200	44	93	106	109	103	98	81	58	75	21	9	3	0	5.6	1.76
300	9.4	305	43	86	117	116	91	78	59	43	45	15	0	1	0	4.6	1.57
330	5.1	534	55	129	105	53	40	27	15	5	27	3	3	2	2	2.3	0.94
Total	100.0	343	62	116	111	90	70	62	46	33	46	13	5	2	1	3.9	1.27

UTC	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dec	Año
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	2.8	2.9	2.4	2.2	1.7	1.6	1.0	0.7	1.0	1.9	1.6	2.8	1.9
9	2.8	3.5	3.6	3.9	4.2	3.1	2.7	2.3	2.1	2.8	1.9	3.1	3.0
12	4.4	5.2	5.3	4.8	5.1	4.4	3.9	3.8	3.9	4.4	3.6	4.8	4.4
15	4.7	6.0	6.0	5.3	5.9	5.1	4.8	4.3	4.2	4.9	4.1	5.3	5.0
18	3.4	4.3	5.2	5.2	5.4	5.3	4.8	4.3	3.4	3.2	2.6	3.4	4.2
21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Día	3.7	4.4	4.5	4.3	4.5	3.9	3.4	3.1	2.9	3.5	2.8	3.9	3.7

Clase de rugosidad 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	3.4	4.6	5.6	4.8	3.2	1.7	3.2	7.1	8.3	8.3	7.4	5.1	5.9
	1.15	1.40	1.77	1.58	1.17	0.88	1.08	1.44	1.73	1.95	1.91	1.38	1.40
25	3.8	5.0	6.2	5.3	3.5	1.9	3.5	7.8	9.1	9.1	8.1	5.6	6.4
	1.18	1.45	1.83	1.62	1.21	0.90	1.11	1.46	1.76	1.99	1.97	1.42	1.43
50	4.1	5.4	6.6	5.7	3.8	2.1	3.8	8.3	9.7	9.7	8.7	6.0	6.9
	1.21	1.48	1.88	1.67	1.24	0.92	1.13	1.49	1.80	2.05	2.02	1.46	1.46
100	4.4	5.8	7.2	6.2	4.1	2.3	4.1	8.9	10.4	10.4	9.4	6.5	7.4
	1.17	1.44	1.82	1.62	1.20	0.90	1.10	1.48	1.77	2.01	1.96	1.41	1.44
200	4.8	6.4	7.9	6.8	4.5	2.4	4.5	9.6	11.2	11.4	10.4	7.1	8.1
	1.12	1.37	1.72	1.53	1.14	0.86	1.04	1.43	1.72	1.92	1.87	1.34	1.40
Frec	5.3	7.3	11.3	9.9	5.8	3.9	5.0	8.6	11.3	13.8	11.1	6.6	100.0

Clase de rugosidad 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	2.3	3.3	4.0	2.9	1.7	1.0	2.3	5.6	5.9	5.8	4.9	2.7	4.0
	1.00	1.24	1.55	1.23	0.87	0.75	0.97	1.41	1.56	1.73	1.57	1.00	1.24
25	2.8	4.0	4.8	3.6	2.1	1.3	2.9	6.6	7.0	6.9	5.9	3.3	4.8
	1.07	1.33	1.67	1.33	0.94	0.80	1.04	1.46	1.63	1.83	1.69	1.07	1.31
50	3.3	4.7	5.6	4.2	2.5	1.6	3.5	7.4	7.9	7.9	6.8	3.9	5.6
	1.19	1.49	1.88	1.49	1.04	0.88	1.15	1.54	1.74	2.00	1.90	1.20	1.41
100	4.0	5.6	6.6	5.0	3.1	1.9	4.2	8.5	9.1	9.2	8.1	4.7	6.6
	1.26	1.59	2.00	1.58	1.10	0.94	1.23	1.66	1.86	2.14	2.02	1.27	1.51
200	4.9	6.9	8.2	6.2	3.8	2.3	5.2	9.9	10.7	11.1	10.1	5.8	8.0
	1.21	1.52	1.91	1.51	1.05	0.90	1.17	1.61	1.80	2.06	1.93	1.22	1.48
Frec	5.5	8.0	12.4	8.8	4.8	3.7	5.6	9.6	11.8	14.5	9.9	5.5	100.0

Clase de rugosidad 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	2.0	2.9	3.5	2.5	1.2	0.8	2.1	5.0	5.1	5.0	4.2	2.1	3.5
	0.99	1.27	1.56	1.21	0.79	0.72	0.99	1.46	1.58	1.75	1.56	0.95	1.25
25	2.5	3.7	4.3	3.1	1.6	1.0	2.7	6.1	6.3	6.2	5.2	2.6	4.3
	1.06	1.35	1.66	1.28	0.84	0.76	1.06	1.50	1.64	1.85	1.67	1.01	1.30
50	3.0	4.3	5.1	3.7	1.9	1.2	3.3	7.0	7.3	7.2	6.1	3.2	5.1
	1.16	1.49	1.84	1.42	0.92	0.82	1.16	1.58	1.73	2.00	1.84	1.10	1.39
100	3.6	5.2	6.1	4.4	2.4	1.5	4.0	8.1	8.4	8.4	7.3	3.9	6.1
	1.27	1.64	2.02	1.55	0.99	0.89	1.27	1.72	1.90	2.20	2.03	1.21	1.51
200	4.4	6.4	7.5	5.4	2.9	1.9	4.9	9.4	9.9	10.2	9.0	4.8	7.3
	1.22	1.57	1.93	1.49	0.96	0.86	1.22	1.67	1.84	2.12	1.94	1.16	1.48
Frec	5.5	8.3	12.9	8.4	4.4	3.6	5.8	9.9	12.0	14.7	9.4	5.2	100.0

Clase de rugosidad 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	1.6	2.4	2.7	1.8	0.9	0.8	2.0	4.0	4.0	3.9	3.2	1.5	2.8
	1.02	1.33	1.56	1.14	0.79	0.76	1.01	1.48	1.60	1.75	1.51	0.92	1.25
25	2.2	3.2	3.6	2.4	1.3	1.1	2.7	5.2	5.3	5.1	4.2	2.1	3.6
	1.08	1.40	1.65	1.20	0.83	0.80	1.06	1.52	1.65	1.83	1.59	0.97	1.30
50	2.7	3.9	4.3	3.0	1.6	1.4	3.3	6.1	6.3	6.2	5.1	2.6	4.4
	1.17	1.52	1.79	1.30	0.88	0.86	1.13	1.59	1.74	1.96	1.73	1.04	1.37
100	3.4	4.7	5.3	3.7	2.0	1.7	4.0	7.3	7.4	7.4	6.2	3.3	5.3
	1.32	1.73	2.04	1.47	0.99	0.96	1.27	1.71	1.89	2.20	1.97	1.18	1.50
200	4.1	5.8	6.4	4.5	2.5	2.1	4.9	8.5	8.8	8.9	7.5	3.9	6.4
	1.27	1.67	1.96	1.42	0.96	0.93	1.24	1.72	1.89	2.14	1.90	1.14	1.49
Frec	5.8	8.9	12.4	7.8	4.3	3.9	6.3	10.1	12.4	14.1	8.9	5.2	100.0

z	Clase 0		Clase 1		Clase 2		Clase 3	
10	5.3	279	3.7	120	3.3	78	2.6	37
25	5.8	353	4.5	183	4.0	134	3.4	79
50	6.2	420	5.1	243	4.7	189	4.0	125
100	6.7	539	6.0	353	5.5	273	4.8	186
200	7.4	744	7.3	652	6.6	496	5.8	329

Santiago de Compostela

42° 56' 00" N 08° 26' 00" W UTM 29 E 546240 m N 4753653 m 364 m s.n.m.

La estación está situada cerca de las pistas del aeropuerto de Santiago de Compostela. Hay algunos edificios en los sectores de S a W a distancias superiores a 150 m. Los alrededores del aeropuerto se caracterizan por varias casas y árboles equiespaciados.

Sect	z ₀₁	x ₁	z ₀₂	x ₂	z ₀₃	x ₃	z ₀₄	x ₄	z ₀₅	x ₅	z ₀₆	Porc	Grad
0	0.01	750	0.30									2	-2
30	0.01	500	0.30									-3	-3
60	0.01	500	0.30									-7	-1
90	0.01	750	0.30									-5	2
120	0.01	750	0.30									1	3
150	0.01	2000	0.30									4	1
180	0.01	1500	0.05	2000	0.30							2	-2
210	0.01	300	0.05	2500	0.30							-3	-3
240	0.01	350	0.15	1000	0.30							-7	-1
270	0.01	250	0.30									-5	3
300	0.01	400	0.30									1	3
330	0.01	600	0.30									4	1

Altura del anemómetro: 6.0 m s.n.s.

Periodo: 72060612-82123121

Sect	Frec	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	9.7	214	66	136	119	167	146	80	43	14	14	0	0	1	0	4.4	2.02
30	13.9	154	50	96	117	181	156	115	73	27	30	1	0	0	0	5.2	2.40
60	9.7	202	54	114	131	151	128	94	65	27	32	0	0	0	0	4.8	2.02
90	6.9	291	81	179	157	134	78	37	31	5	7	0	0	0	0	3.4	1.65
120	7.2	247	98	235	169	138	76	24	7	3	2	0	0	0	0	3.2	1.83
150	5.8	343	73	147	130	123	86	46	30	7	12	2	1	0	0	3.4	1.47
180	6.3	284	61	128	111	134	103	59	55	23	37	3	1	1	0	4.2	1.56
210	9.3	225	29	99	102	126	125	111	97	26	48	7	1	2	2	5.3	1.89
240	12.4	151	36	83	105	140	146	123	90	40	69	8	5	2	0	5.8	2.14
270	8.4	241	63	141	118	138	123	88	39	17	32	1	0	0	0	4.3	1.77
300	5.6	338	70	184	113	125	71	46	36	9	8	0	0	0	0	3.2	1.45
330	4.7	410	89	149	99	97	82	36	21	8	8	1	0	1	0	2.8	1.27
Total	100.0	236	60	132	122	143	119	81	55	20	29	2	1	1	0	4.5	1.77

UTC	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dec	Año
0	3.3	3.7	3.1	2.8	2.7	2.5	2.2	1.8	2.3	2.7	2.2	3.5	2.7
3	3.5	3.7	3.0	2.9	2.4	2.6	2.1	1.5	2.0	2.8	2.5	3.6	2.7
6	3.5	3.7	3.0	2.8	2.4	2.5	2.0	1.9	2.1	2.8	2.6	3.7	2.7
9	3.4	3.8	3.8	4.2	3.8	3.8	3.4	2.9	3.1	3.4	2.8	3.7	3.5
12	4.2	4.7	5.3	5.0	4.6	4.5	4.2	4.0	3.7	4.4	4.0	4.5	4.4
15	4.5	5.3	5.4	5.7	5.3	5.4	4.9	4.8	4.6	4.5	4.0	4.7	4.9
18	3.4	4.3	4.9	5.4	5.1	5.0	5.0	4.6	3.8	3.3	2.6	3.8	4.3
21	3.2	3.5	2.9	3.4	3.0	3.3	2.7	2.1	2.2	2.6	2.4	3.8	2.9
Día	3.6	4.1	4.0	4.1	3.7	3.8	3.4	3.1	3.1	3.4	2.9	3.9	3.6

Clase de rugosidad 0

<i>z</i>	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	6.7 2.17	8.6 2.69	8.9 2.58	7.3 2.08	5.6 2.07	5.3 1.94	6.1 1.80	8.3 2.02	10.0 2.27	9.3 2.20	6.8 1.84	5.2 1.62	7.8 1.98
25	7.3 2.23	9.4 2.78	9.7 2.66	8.0 2.15	6.2 2.14	5.8 2.01	6.7 1.86	9.1 2.07	10.9 2.31	10.1 2.24	7.5 1.90	5.7 1.67	8.5 2.03
50	7.9 2.29	10.1 2.85	10.4 2.73	8.6 2.21	6.6 2.19	6.3 2.06	7.2 1.91	9.7 2.13	11.7 2.37	10.8 2.30	8.0 1.95	6.1 1.72	9.1 2.08
100	8.6 2.22	11.0 2.76	11.3 2.65	9.3 2.14	7.2 2.12	6.8 1.99	7.8 1.85	10.5 2.08	12.5 2.33	11.6 2.26	8.7 1.89	6.6 1.66	9.9 2.04
200	9.5 2.10	12.2 2.61	12.5 2.52	10.3 2.03	7.9 2.01	7.5 1.89	8.6 1.75	11.4 1.99	13.5 2.26	12.6 2.17	9.6 1.79	7.3 1.58	10.8 1.97
Frec	7.1	11.9	12.0	8.7	7.1	6.0	5.7	7.9	11.7	10.4	6.7	4.7	100.0

Clase de rugosidad 1

<i>z</i>	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	4.9 1.95	6.3 2.36	6.2 2.11	4.6 1.68	3.8 1.79	3.7 1.54	4.4 1.55	6.1 1.83	7.3 2.08	6.1 1.83	4.3 1.50	3.3 1.31	5.4 1.73
25	5.9 2.10	7.5 2.55	7.4 2.26	5.5 1.81	4.6 1.94	4.4 1.67	5.3 1.68	7.2 1.93	8.6 2.17	7.2 1.94	5.2 1.62	4.1 1.41	6.5 1.83
50	6.8 2.37	8.6 2.87	8.5 2.51	6.3 2.04	5.3 2.18	5.1 1.87	6.2 1.88	8.3 2.10	9.7 2.30	8.2 2.11	6.0 1.81	4.8 1.58	7.5 2.00
100	8.0 2.52	10.2 3.05	10.0 2.69	7.6 2.17	6.3 2.32	6.1 1.99	7.4 2.00	9.6 2.25	11.1 2.47	9.6 2.27	7.2 1.93	5.7 1.69	8.8 2.14
200	10.0 2.40	12.7 2.91	12.3 2.57	9.4 2.07	7.9 2.21	7.6 1.90	9.2 1.91	11.5 2.17	13.0 2.40	11.5 2.18	8.9 1.84	7.1 1.61	10.7 2.10
Frec	8.2	13.1	11.2	7.9	7.0	5.6	5.8	8.7	12.6	9.3	6.0	4.5	100.0

Clase de rugosidad 2

<i>z</i>	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	4.3 1.99	5.5 2.33	5.3 2.06	3.8 1.67	3.3 1.81	3.2 1.52	3.9 1.56	5.4 1.85	6.4 2.11	5.1 1.78	3.5 1.46	2.9 1.30	4.7 1.72
25	5.3 2.13	6.8 2.49	6.6 2.19	4.7 1.78	4.1 1.93	3.9 1.63	4.9 1.67	6.6 1.94	7.8 2.19	6.2 1.88	4.4 1.55	3.6 1.39	5.8 1.81
50	6.3 2.36	7.9 2.76	7.7 2.39	5.5 1.97	4.8 2.14	4.7 1.80	5.8 1.84	7.6 2.08	9.0 2.30	7.3 2.04	5.2 1.72	4.3 1.53	6.8 1.95
100	7.4 2.59	9.4 3.03	9.0 2.63	6.6 2.17	5.7 2.35	5.6 1.98	6.9 2.02	8.9 2.28	10.4 2.52	8.5 2.24	6.2 1.88	5.1 1.68	8.0 2.13
200	9.2 2.48	11.6 2.90	11.0 2.53	8.2 2.07	7.1 2.25	6.8 1.89	8.5 1.94	10.7 2.20	12.1 2.44	10.3 2.15	7.7 1.80	6.3 1.61	9.7 2.09
Frec	8.7	13.5	11.0	7.6	7.0	5.5	5.9	9.0	12.9	9.0	5.7	4.4	100.0

Clase de rugosidad 3

<i>z</i>	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	3.5 2.05	4.3 2.32	4.1 2.00	2.9 1.71	2.6 1.83	2.5 1.51	3.2 1.60	4.3 1.88	5.1 2.12	3.8 1.74	2.7 1.49	2.4 1.35	3.7 1.73
25	4.6 2.17	5.7 2.46	5.4 2.10	3.8 1.81	3.4 1.94	3.3 1.59	4.3 1.70	5.6 1.95	6.6 2.18	5.0 1.82	3.6 1.58	3.1 1.42	4.9 1.81
50	5.6 2.36	6.8 2.67	6.5 2.26	4.6 1.96	4.2 2.11	4.1 1.73	5.2 1.84	6.7 2.07	7.8 2.28	6.0 1.96	4.3 1.72	3.8 1.54	5.9 1.92
100	6.7 2.69	8.2 3.05	7.8 2.57	5.5 2.24	5.0 2.40	4.9 1.97	6.3 2.10	8.0 2.28	9.2 2.46	7.2 2.20	5.3 1.96	4.7 1.75	7.0 2.13
200	8.2 2.59	10.0 2.94	9.4 2.48	6.8 2.15	6.1 2.31	6.0 1.90	7.6 2.02	9.5 2.26	10.8 2.47	8.7 2.14	6.4 1.88	5.7 1.69	8.5 2.11
Frec	9.1	13.7	10.7	7.4	6.9	5.3	6.0	9.4	13.0	8.6	5.3	4.6	100.0

<i>z</i>	Clase 0		Clase 1		Clase 2		Clase 3	
10	6.9	387	4.8	155	4.2	102	3.3	49
25	7.5	496	5.8	244	5.2	178	4.3	105
50	8.1	595	6.6	338	6.0	260	5.2	171
100	8.7	764	7.8	512	7.1	393	6.2	267
200	9.6	1048	9.5	951	8.6	717	7.5	474

Sevilla

37° 25' 00" N 05° 54' 00" W UTM 30 E 243343 m N 4145112 m 27 m s.n.m.

Situada en el Valle del Guadalquivir, al E de la ciudad de Sevilla. El anemómetro está colocado en el aeropuerto y la superficie consiste en pistas y hierba. Los edificios más cercanos aparecen en el sector E a distancias superiores a 300 m.

Sect	z01	x1	z02	x2	z03	x3	z04	x4	z05	x5	z06	Porc	Grad
0	0.03	900	0.30	3500	0.15								
30	0.03	700	0.10	1500	0.30								
60	0.03	700	0.30										
90	0.03	1000	0.30										
120	0.03	1250	0.30										
150	0.03	1000	0.10	2000	0.30								
180	0.03	1000	0.10	2000	0.30								
210	0.03	1500	0.30										
240	0.03	1500	0.30										
270	0.03	2500	0.30										
300	0.03	2250	0.20									-1	
330	0.03	500	0.30	1500	0.10	3500	0.30					-2	

Altura del anemómetro: 5.5 m s.n.s.

Periodo: 72060903-82123121

Sect	Frec	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	5.1	587	59	148	100	42	32	14	8	2	4	0	0	3	0	1.7	0.94
30	10.3	305	92	245	183	103	44	13	8	4	2	0	0	1	0	3.0	1.70
60	12.4	237	61	148	167	131	96	84	42	18	15	3	0	0	0	4.1	1.76
90	6.4	457	45	96	96	83	64	65	50	18	23	2	0	0	1	3.2	1.19
120	3.8	742	48	77	43	38	19	17	9	3	3	0	0	1	0	0.8	0.66
150	4.2	721	57	102	49	29	8	13	7	6	4	3	0	1	0	0.9	0.67
180	8.2	385	105	220	120	58	34	37	16	8	11	3	1	1	0	2.7	1.22
210	14.2	222	60	164	164	119	79	61	54	22	42	9	2	2	1	4.2	1.44
240	15.5	190	46	139	148	153	106	89	64	30	30	4	0	0	0	4.7	1.89
270	8.8	324	52	143	149	114	84	62	36	18	15	2	0	0	0	3.7	1.55
300	6.0	486	58	131	121	74	48	33	22	13	10	3	1	0	0	2.6	1.14
330	5.0	586	69	145	78	43	23	22	18	8	6	0	1	0	0	1.7	0.94
Total	100.0	358	63	155	135	99	65	52	35	15	18	3	0	1	0	3.3	1.34

UTC	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dec	Año
0	1.6	1.9	1.7	1.7	2.3	2.5	2.7	2.4	1.9	1.6	1.6	2.2	2.0
3	1.8	2.0	1.5	1.4	1.6	1.6	1.6	1.3	1.0	1.5	1.6	2.2	1.6
6	2.0	2.2	1.6	1.4	1.3	1.0	0.8	0.9	1.0	1.7	1.8	2.5	1.5
9	2.5	2.8	2.6	2.6	2.9	2.4	2.2	2.1	2.0	2.7	2.9	2.8	2.6
12	3.4	4.1	3.7	3.7	3.8	3.5	3.3	2.6	3.1	3.3	3.6	3.7	3.5
15	3.5	4.2	3.9	4.3	4.6	4.6	4.3	3.7	3.7	3.5	3.5	3.6	3.9
18	2.2	3.2	3.8	4.4	5.3	5.6	5.4	4.9	4.4	3.3	2.3	2.6	3.9
21	1.9	2.3	2.4	2.5	3.4	4.1	4.0	3.7	3.0	2.2	1.6	2.4	2.8
Día	2.4	2.8	2.7	2.8	3.1	3.2	3.0	2.7	2.5	2.5	2.4	2.7	2.7

Clase de rugosidad 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	3.4	5.1	6.8	6.9	3.7	1.7	4.4	6.8	8.0	7.4	5.6	4.0	6.0
	1.13	1.81	1.96	1.78	1.05	0.78	1.31	1.54	2.01	2.06	1.60	1.23	1.53
25	3.8	5.6	7.5	7.6	4.0	1.9	4.8	7.5	8.8	8.1	6.1	4.4	6.6
	1.17	1.87	2.02	1.83	1.08	0.80	1.35	1.57	2.06	2.12	1.65	1.26	1.57
50	4.1	6.0	8.1	8.1	4.4	2.1	5.2	8.0	9.4	8.7	6.6	4.7	7.1
	1.19	1.91	2.07	1.88	1.10	0.82	1.38	1.61	2.12	2.18	1.69	1.29	1.60
100	4.4	6.5	8.7	8.8	4.7	2.2	5.6	8.6	10.2	9.4	7.1	5.1	7.6
	1.16	1.85	2.01	1.83	1.08	0.80	1.34	1.58	2.06	2.11	1.64	1.26	1.57
200	4.8	7.2	9.6	9.7	5.0	2.4	6.2	9.3	11.1	10.4	7.8	5.6	8.4
	1.10	1.76	1.90	1.74	1.03	0.76	1.27	1.52	1.97	2.00	1.56	1.19	1.51
Frec	5.1	8.2	11.7	8.7	4.8	4.0	6.6	12.0	15.1	11.4	7.1	5.4	100.0

Clase de rugosidad 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	2.2	3.7	5.1	4.4	1.6	1.3	3.2	5.1	5.7	4.8	3.4	2.4	4.1
	0.95	1.66	1.72	1.34	0.77	0.74	1.18	1.42	1.84	1.63	1.24	0.98	1.33
25	2.7	4.5	6.1	5.3	2.0	1.6	3.9	6.0	6.8	5.7	4.1	2.9	5.0
	1.02	1.79	1.86	1.43	0.81	0.79	1.27	1.49	1.97	1.76	1.33	1.04	1.41
50	3.2	5.2	7.1	6.1	2.4	2.0	4.6	6.9	7.9	6.6	4.9	3.5	5.8
	1.13	2.01	2.09	1.57	0.89	0.87	1.42	1.61	2.18	1.98	1.49	1.16	1.54
100	3.9	6.2	8.4	7.2	2.9	2.5	5.5	8.0	9.2	7.9	5.8	4.2	6.8
	1.20	2.14	2.22	1.68	0.94	0.92	1.51	1.73	2.33	2.11	1.58	1.23	1.63
200	4.8	7.7	10.4	8.8	3.5	3.0	6.8	9.5	11.3	9.8	7.2	5.2	8.4
	1.15	2.04	2.12	1.62	0.91	0.89	1.44	1.67	2.23	2.01	1.51	1.18	1.58
Frec	5.1	9.5	12.1	7.3	4.2	4.1	7.6	13.4	15.4	9.8	6.4	5.1	100.0

Clase de rugosidad 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	1.9	3.2	4.5	3.6	1.2	1.0	2.9	4.5	5.0	4.0	2.8	2.0	3.6
	0.97	1.65	1.75	1.27	0.74	0.72	1.20	1.44	1.88	1.60	1.19	0.97	1.33
25	2.5	4.0	5.6	4.5	1.5	1.4	3.6	5.5	6.2	4.9	3.5	2.6	4.4
	1.03	1.76	1.87	1.34	0.78	0.76	1.28	1.50	2.00	1.71	1.26	1.03	1.40
50	3.0	4.7	6.6	5.3	1.9	1.7	4.3	6.4	7.2	5.8	4.2	3.1	5.2
	1.13	1.95	2.07	1.44	0.85	0.82	1.41	1.60	2.19	1.88	1.39	1.13	1.51
100	3.6	5.7	7.8	6.3	2.3	2.1	5.2	7.5	8.6	7.0	5.1	3.8	6.3
	1.23	2.14	2.28	1.58	0.92	0.89	1.54	1.75	2.40	2.07	1.52	1.24	1.63
200	4.4	7.0	9.7	7.6	2.8	2.6	6.3	8.9	10.4	8.6	6.3	4.7	7.6
	1.18	2.05	2.18	1.52	0.89	0.86	1.48	1.69	2.31	1.98	1.46	1.19	1.58
Frec	5.1	10.0	12.3	6.8	4.0	4.2	7.9	13.9	15.4	9.2	6.2	5.0	100.0

Clase de rugosidad 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	1.6	2.7	3.6	2.7	0.7	0.9	2.4	3.6	3.9	3.0	2.1	1.5	2.8
	1.01	1.70	1.77	1.19	0.68	0.75	1.25	1.50	1.90	1.56	1.15	0.94	1.33
25	2.2	3.5	4.7	3.5	1.0	1.3	3.3	4.8	5.2	4.0	2.8	2.0	3.7
	1.07	1.80	1.87	1.24	0.71	0.79	1.32	1.56	2.00	1.65	1.22	0.99	1.39
50	2.7	4.3	5.7	4.3	1.2	1.6	4.0	5.7	6.2	4.8	3.5	2.5	4.5
	1.15	1.96	2.04	1.32	0.76	0.84	1.43	1.64	2.16	1.79	1.31	1.06	1.48
100	3.3	5.2	6.9	5.2	1.6	2.1	4.9	6.8	7.5	5.9	4.3	3.2	5.5
	1.30	2.23	2.32	1.47	0.84	0.94	1.63	1.81	2.45	2.04	1.49	1.20	1.63
200	4.0	6.3	8.4	6.2	1.9	2.5	5.9	8.1	9.1	7.2	5.2	3.8	6.6
	1.26	2.15	2.24	1.44	0.82	0.91	1.57	1.79	2.37	1.96	1.44	1.16	1.60
Frec	5.4	10.4	12.1	6.3	3.8	4.5	8.6	14.3	15.1	8.6	5.9	5.0	100.0

z	Clase 0		Clase 1		Clase 2		Clase 3	
10	5.4	256	3.8	109	3.3	72	2.6	34
25	5.9	324	4.5	167	4.0	123	3.4	72
50	6.4	388	5.2	224	4.7	174	4.1	115
100	6.9	506	6.1	338	5.6	259	4.9	174
200	7.6	714	7.5	655	6.8	492	6.0	319

Tenerife (Los Rodeos)

28° 28' 10" N 16° 19' 04" W UTM 28 E 370986 m N 3149959 m 605 m s.n.m.

Situada en el aeropuerto de la Isla de Tenerife (Islas Canarias), a unos 35 km NE de la montaña del Pico de Teide (3715 m). El terreno descende hacia el mar en todos los sectores, excepto el SW. Aparecen casas y árboles dispersos fuera del aeropuerto.

Sect	z ₀₁	x ₁	z ₀₂	x ₂	z ₀₃	x ₃	z ₀₄	x ₄	z ₀₅	x ₅	z ₀₆	Porc	Grad
0	0.03	100	0.30	11000	0.00								
30	0.03	100	0.30	11000	0.00								
60	0.03	300	0.30	20000	0.00								
90	0.03	400	0.30	8000	0.00								
120	0.03	250	0.30	6000	0.00								
150	0.03	250	0.30	6500	0.00								
180	0.03	250	0.30	8500	0.00								
210	0.03	500	0.30										
240	0.01	400	0.30										
270	0.01	1000	0.10	3500	0.30	11000	0.00						
300	0.03	2500	0.30	9500	0.00								
330	0.03	250	0.30	8500	0.00								

Altura del anemómetro: 5.0 m s.n.s.

Periodo: 72060609-82123121

Sect	Frec	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	17.4	49	9	74	119	150	102	98	121	68	139	53	15	3	0	7.1	2.21
30	42.5	20	4	37	81	110	95	117	152	93	193	74	20	3	1	8.2	2.84
60	11.3	75	13	39	77	111	100	135	156	88	143	52	8	2	0	7.5	2.76
90	6.1	112	7	47	77	109	115	147	200	84	95	5	2	0	0	6.8	3.21
120	3.3	268	14	77	184	152	82	82	74	21	38	7	0	1	0	4.6	1.74
150	2.3	373	21	126	147	129	44	36	43	21	33	21	7	0	0	3.8	1.28
180	2.4	299	35	122	196	122	57	45	31	16	69	6	1	0	0	4.1	1.43
210	2.5	336	15	76	139	126	97	70	53	26	39	22	0	0	0	4.5	1.57
240	2.2	350	19	59	91	103	95	91	86	30	53	16	7	0	0	4.8	1.60
270	2.3	364	15	74	117	68	76	57	73	34	91	26	4	2	0	4.6	1.32
300	3.0	271	24	123	137	111	67	87	70	41	57	10	1	0	0	4.6	1.53
330	4.7	207	13	92	144	129	93	98	102	58	49	8	3	2	0	5.3	1.85
Total	100.0	99	9	57	102	119	94	108	131	74	140	50	13	2	0	7.2	2.35

UTC	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dec	Año
0	4.5	4.4	6.6	5.8	5.8	5.7	6.3	7.9	6.2	5.4	3.5	4.3	5.6
3	0.0	0.0	7.2	4.7	5.0	5.2	6.6	6.2	6.2	4.6	0.0	0.0	5.8
6	4.3	4.3	5.1	4.5	5.4	4.7	6.2	5.9	4.4	3.7	4.0	4.3	4.8
9	4.4	4.7	6.2	6.2	7.5	6.7	7.7	7.1	6.1	5.0	4.6	4.3	5.9
12	6.1	6.9	7.8	7.3	8.0	7.4	8.2	7.5	7.2	6.6	6.3	6.1	7.1
15	6.6	7.1	8.0	7.7	8.4	7.7	8.5	8.1	7.6	6.7	6.2	6.2	7.4
18	5.8	6.9	7.8	7.6	8.4	7.7	8.8	8.1	7.6	6.6	5.9	5.3	7.2
21	4.6	4.8	6.1	6.0	7.0	6.2	7.5	6.7	5.7	4.8	4.3	3.9	5.6
Día	5.3	5.8	6.9	6.5	7.4	6.7	7.8	7.3	6.5	5.6	5.3	5.0	6.3

Clase de rugosidad 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	13.3 2.13	15.6 2.74	14.8 2.83	12.0 2.87	8.8 1.94	6.7 1.38	6.7 1.38	8.2 1.73	8.6 1.78	7.0 1.37	7.0 1.49	8.7 1.78	13.1 2.14
25	14.5 2.15	16.9 2.75	16.1 2.85	13.0 2.90	9.6 1.98	7.4 1.41	7.4 1.41	8.9 1.75	9.3 1.81	7.7 1.40	7.7 1.52	9.5 1.82	14.3 2.16
50	15.4 2.17	18.0 2.78	17.1 2.88	13.9 2.97	10.2 2.03	7.9 1.45	7.9 1.45	9.6 1.80	10.0 1.85	8.2 1.44	8.3 1.56	10.2 1.87	15.2 2.19
100	16.3 2.18	19.0 2.79	18.2 2.89	14.9 2.94	11.0 1.99	8.5 1.42	8.5 1.42	10.2 1.77	10.7 1.83	8.8 1.41	8.9 1.53	10.9 1.83	16.2 2.19
200	17.4 2.15	20.3 2.76	19.4 2.85	16.0 2.86	11.9 1.91	9.1 1.37	9.1 1.37	11.1 1.71	11.5 1.77	9.4 1.37	9.6 1.48	11.8 1.77	17.3 2.17
Frec	14.6	37.2	17.9	7.2	3.9	2.5	2.4	2.5	2.3	2.3	2.8	4.3	100.0

Clase de rugosidad 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	9.7 2.05	11.3 2.63	9.9 2.72	7.9 2.78	5.2 1.49	4.3 1.13	4.7 1.24	5.9 1.57	6.0 1.60	4.7 1.20	4.9 1.33	6.3 1.62	9.4 2.01
25	11.3 2.09	13.1 2.67	11.6 2.78	9.3 2.91	6.3 1.58	5.2 1.18	5.6 1.31	7.0 1.64	7.1 1.66	5.5 1.25	5.8 1.41	7.4 1.70	10.9 2.05
50	12.6 2.14	14.6 2.74	12.9 2.88	10.5 3.13	7.2 1.74	5.9 1.26	6.5 1.41	7.9 1.75	8.1 1.77	6.3 1.33	6.8 1.54	8.4 1.81	12.2 2.12
100	14.0 2.25	16.2 2.85	14.4 3.07	12.1 3.36	8.5 1.86	6.9 1.35	7.5 1.51	9.1 1.88	9.3 1.90	7.4 1.43	7.9 1.65	9.7 1.94	13.7 2.23
200	15.7 2.23	18.0 2.85	16.4 3.00	14.3 3.24	10.3 1.79	8.1 1.31	8.9 1.46	10.7 1.82	10.9 1.84	8.6 1.38	9.5 1.58	11.4 1.88	15.5 2.25
Frec	17.4	42.5	11.4	6.1	3.3	2.3	2.4	2.5	2.2	2.3	3.0	4.7	100.0

Clase de rugosidad 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	8.7 2.15	9.8 2.62	8.6 2.73	6.8 2.65	4.5 1.47	3.8 1.14	4.1 1.24	5.2 1.58	5.2 1.57	4.1 1.21	4.3 1.36	6.1 1.65	8.1 2.01
25	10.4 2.19	11.8 2.65	10.4 2.78	8.3 2.77	5.6 1.55	4.7 1.18	5.1 1.30	6.3 1.65	6.3 1.63	5.0 1.25	5.4 1.42	7.4 1.70	9.8 2.05
50	11.9 2.24	13.3 2.70	11.8 2.87	9.5 2.95	6.5 1.68	5.4 1.25	5.9 1.38	7.3 1.74	7.3 1.72	5.8 1.33	6.3 1.53	8.5 1.77	11.2 2.11
100	13.4 2.33	15.0 2.81	13.3 3.04	11.0 3.22	7.7 1.84	6.4 1.37	7.0 1.51	8.4 1.90	8.4 1.88	6.8 1.45	7.4 1.67	9.8 1.91	12.7 2.21
200	15.1 2.35	16.8 2.84	15.2 3.03	13.0 3.12	9.3 1.77	7.5 1.33	8.2 1.46	9.9 1.85	9.9 1.82	8.0 1.40	8.9 1.62	11.3 1.88	14.4 2.24
Frec	19.2	40.3	10.9	5.9	3.2	2.3	2.4	2.5	2.2	2.4	3.1	5.6	100.0

Clase de rugosidad 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	6.9 2.25	7.6 2.60	6.6 2.71	5.2 2.51	3.5 1.44	3.0 1.15	3.3 1.27	4.1 1.59	4.0 1.54	3.2 1.22	3.6 1.41	5.3 1.72	6.3 2.01
25	9.0 2.28	9.8 2.63	8.6 2.76	6.8 2.61	4.6 1.51	4.0 1.19	4.3 1.32	5.3 1.65	5.2 1.59	4.2 1.26	4.7 1.47	6.8 1.76	8.2 2.04
50	10.5 2.32	11.5 2.68	10.1 2.84	8.1 2.74	5.6 1.62	4.8 1.26	5.2 1.39	6.3 1.73	6.2 1.67	5.0 1.33	5.7 1.56	8.1 1.80	9.7 2.09
100	12.2 2.40	13.3 2.76	11.7 2.97	9.5 3.00	6.7 1.81	5.7 1.37	6.3 1.52	7.5 1.87	7.3 1.80	6.0 1.45	6.8 1.72	9.4 1.89	11.2 2.18
200	14.0 2.46	15.2 2.83	13.6 3.04	11.3 2.99	8.1 1.77	6.8 1.36	7.4 1.51	8.8 1.87	8.6 1.81	7.2 1.44	8.1 1.70	10.9 1.93	13.0 2.24
Frec	21.8	37.0	10.4	5.6	3.1	2.3	2.4	2.5	2.3	2.4	3.3	6.9	100.0

z	Clase 0		Clase 1		Clase 2		Clase 3	
10	11.6	1727	8.3	664	7.2	432	5.6	206
25	12.7	2207	9.7	1036	8.7	751	7.3	439
50	13.5	2626	10.8	1403	9.9	1077	8.6	704
100	14.3	3157	12.1	1883	11.2	1504	10.0	1063
200	15.3	3873	13.7	2705	12.8	2193	11.5	1596

Tenerife (Reina Sofía)

28° 02' 00'' N 16° 34' 00'' W UTM 28 E 345991 m N 3101928 m 72 m s.n.m.

Situada a 2 km N de la costa S de la Isla de Tenerife. La Isla se inclina desde el mar hasta la cumbre del Pico de Teide (3715 m), a 25 km hacia el N.

Sect	z ₀₁	x ₁	z ₀₂	x ₂	z ₀₃	x ₃	z ₀₄	x ₄	z ₀₅	x ₅	z ₀₆	Porc	Grad
0	0.01	500	0.10	2500	0.30								
30	0.03	500	0.10	3500	0.30								
60	0.03	500	0.10	6000	0.00								
90	0.03	500	0.10	2500	0.00								
120	0.03	500	0.10	1600	0.00								
150	0.03	500	0.10	2500	0.00								
180	0.03	500	0.10	1800	0.00								
210	0.03	500	0.10	2200	0.00								
240	0.03	500	0.10	4000	0.01								
270	0.01	1200	0.10										
300	0.01	750	0.10										
330	0.01	250	0.10										

Altura del anemómetro: 6.0 m s.n.s.

Período: 78120112-82123121

Sect	Frec	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	7.0	209	55	255	228	139	82	14	7	3	7	1	0	0	0	3.5	2.00
30	30.2	42	9	57	115	152	140	109	108	63	147	43	11	2	1	7.0	2.16
60	26.9	39	5	22	51	84	97	93	123	85	257	112	23	8	0	8.9	3.04
90	8.2	146	9	66	118	140	173	117	84	52	85	8	0	0	0	6.0	2.36
120	3.2	432	33	90	180	126	102	17	14	2	3	0	0	0	0	3.1	1.61
150	3.2	399	16	159	166	151	86	12	9	0	3	0	0	0	0	3.1	1.74
180	3.7	342	16	74	153	180	164	43	13	7	5	2	0	0	0	4.0	2.09
210	3.8	381	8	77	119	118	95	75	56	26	43	3	0	0	0	4.2	1.56
240	4.1	355	10	57	76	62	90	52	110	47	73	38	10	19	2	5.5	1.44
270	3.8	334	29	104	105	101	85	50	62	25	70	31	4	0	0	4.5	1.36
300	2.3	501	55	158	165	72	29	11	4	0	5	0	0	0	0	2.3	1.34
330	3.6	349	65	215	237	98	31	3	3	0	0	0	0	0	0	2.8	2.03
Total	100.0	155	16	78	115	121	113	78	84	51	128	47	10	4	0	6.3	1.81

UTC	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dec	Año
0	4.2	3.9	4.4	3.5	4.3	4.3	4.4	4.5	3.4	3.3	3.4	4.9	4.0
3	3.7	4.0	3.3	2.9	3.5	3.0	3.7	4.2	3.0	3.2	3.7	4.3	3.6
6	4.2	4.0	4.4	3.2	3.8	2.5	3.3	3.1	2.7	3.0	3.8	4.6	3.5
9	4.7	4.0	5.0	3.6	4.8	4.0	4.8	4.9	3.7	3.1	4.3	4.5	4.3
12	6.9	7.2	7.9	6.4	8.1	8.0	8.6	8.3	7.1	7.0	7.0	6.8	7.4
15	7.5	7.7	8.3	7.3	8.3	8.4	9.3	9.2	7.9	7.0	7.2	7.2	7.9
18	6.8	6.6	7.6	6.8	8.0	7.7	8.2	8.2	7.1	6.2	5.9	6.4	7.1
21	4.6	4.6	4.9	4.8	5.6	5.3	6.6	5.7	5.1	3.9	3.9	4.5	4.9
Día	5.4	5.3	5.9	5.0	5.9	5.5	6.2	6.0	5.1	4.6	4.9	5.5	5.4

Clase de rugosidad 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	5.8 2.40	11.8 2.27	12.8 2.83	9.9 2.10	5.7 1.69	4.3 1.71	5.3 2.01	5.8 1.62	8.3 1.54	7.3 1.52	4.6 1.43	4.7 2.33	9.8 1.84
25	6.3 2.48	12.8 2.30	13.9 2.86	10.8 2.13	6.2 1.74	4.7 1.77	5.8 2.07	6.3 1.67	9.1 1.56	7.9 1.55	5.0 1.48	5.1 2.40	10.7 1.86
50	6.8 2.55	13.6 2.33	14.8 2.92	11.5 2.19	6.7 1.79	5.1 1.81	6.2 2.12	6.8 1.72	9.7 1.58	8.5 1.60	5.4 1.51	5.5 2.47	11.4 1.89
100	7.4 2.46	14.5 2.33	15.8 2.90	12.4 2.15	7.3 1.73	5.5 1.76	6.7 2.06	7.4 1.66	10.3 1.57	9.1 1.56	5.9 1.47	5.9 2.39	12.2 1.89
200	8.2 2.33	15.6 2.28	16.9 2.83	13.4 2.08	8.0 1.64	6.1 1.66	7.4 1.95	8.1 1.58	11.1 1.54	9.8 1.52	6.4 1.39	6.6 2.26	13.1 1.87
Frec	6.4	26.1	27.7	11.3	4.1	3.2	3.6	3.8	4.1	3.9	2.6	3.3	100.0

Clase de rugosidad 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	4.7 1.55	8.6 2.20	9.2 2.77	5.7 1.94	2.8 1.36	3.0 1.45	3.8 1.69	4.0 1.27	6.1 1.44	4.8 1.36	2.6 1.37	3.3 1.98	6.9 1.72
25	5.6 1.67	10.1 2.26	10.8 2.85	6.8 2.09	3.4 1.47	3.6 1.56	4.5 1.83	4.8 1.37	7.2 1.48	5.7 1.42	3.1 1.47	4.0 2.13	8.2 1.78
50	6.5 1.88	11.3 2.36	12.1 2.98	7.8 2.35	4.0 1.65	4.2 1.75	5.2 2.05	5.7 1.53	8.1 1.54	6.5 1.54	3.6 1.65	4.6 2.40	9.2 1.87
100	7.8 2.00	12.7 2.52	13.6 3.19	9.3 2.50	4.8 1.75	5.0 1.86	6.2 2.18	6.8 1.63	9.2 1.65	7.6 1.65	4.3 1.76	5.5 2.55	10.6 1.99
200	9.6 1.91	14.5 2.46	15.6 3.11	11.6 2.39	6.0 1.67	6.3 1.78	7.7 2.08	8.4 1.56	10.6 1.61	9.1 1.59	5.4 1.68	6.8 2.44	12.3 2.01
Frec	7.9	30.2	26.0	8.0	3.2	3.2	3.7	3.8	4.1	3.7	2.4	3.8	100.0

Clase de rugosidad 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	4.7 1.48	7.6 2.27	7.9 2.72	4.8 1.88	2.5 1.35	2.7 1.46	3.3 1.60	3.5 1.23	5.2 1.42	4.1 1.33	2.3 1.47	3.0 2.06	6.0 1.72
25	5.7 1.54	9.2 2.32	9.6 2.79	6.0 2.01	3.1 1.44	3.3 1.56	4.0 1.71	4.4 1.31	6.4 1.46	5.0 1.40	2.9 1.56	3.8 2.20	7.3 1.77
50	6.7 1.63	10.5 2.41	11.0 2.90	7.0 2.22	3.7 1.58	3.9 1.72	4.8 1.90	5.3 1.45	7.3 1.52	5.8 1.49	3.5 1.73	4.4 2.44	8.4 1.84
100	7.8 1.78	11.9 2.57	12.5 3.11	8.3 2.44	4.4 1.74	4.7 1.89	5.7 2.08	6.4 1.59	8.4 1.63	6.9 1.64	4.1 1.90	5.2 2.69	9.7 1.97
200	9.2 1.73	13.6 2.55	14.4 3.07	10.3 2.34	5.4 1.67	5.8 1.81	7.0 1.99	7.8 1.52	9.7 1.60	8.2 1.58	5.1 1.82	6.4 2.57	11.3 1.99
Frec	9.7	29.9	24.6	7.6	3.2	3.3	3.7	3.8	4.1	3.6	2.5	4.1	100.0

Clase de rugosidad 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	4.3 1.61	6.0 2.35	6.1 2.63	3.7 1.81	2.0 1.37	2.2 1.49	2.6 1.55	2.9 1.21	4.0 1.41	3.0 1.30	1.9 1.48	2.5 2.04	4.7 1.73
25	5.6 1.66	7.8 2.40	7.9 2.69	4.8 1.92	2.6 1.46	2.9 1.58	3.4 1.64	3.8 1.27	5.2 1.45	4.0 1.36	2.5 1.56	3.3 2.16	6.1 1.77
50	6.7 1.73	9.2 2.47	9.4 2.79	5.9 2.08	3.2 1.58	3.5 1.72	4.1 1.78	4.7 1.35	6.2 1.50	4.8 1.44	3.0 1.70	3.9 2.35	7.3 1.83
100	7.8 1.85	10.7 2.61	10.9 2.95	7.1 2.37	3.9 1.79	4.3 1.95	5.0 2.03	5.7 1.52	7.3 1.59	5.8 1.60	3.7 1.93	4.7 2.68	8.6 1.94
200	9.2 1.87	12.4 2.66	12.7 3.00	8.6 2.28	4.8 1.73	5.2 1.88	6.1 1.95	6.8 1.48	8.5 1.61	6.9 1.57	4.5 1.86	5.8 2.58	10.1 1.98
Frec	12.2	29.5	22.6	7.0	3.2	3.3	3.7	3.8	4.1	3.4	2.6	4.5	100.0

z	Clase 0		Clase 1		Clase 2		Clase 3	
10	8.7	838	6.2	324	5.4	213	4.2	101
25	9.5	1071	7.3	508	6.5	370	5.5	217
50	10.1	1276	8.2	693	7.5	534	6.5	348
100	10.8	1559	9.4	961	8.6	759	7.6	532
200	11.6	1981	10.9	1515	10.1	1197	8.9	843

Valencia

39° 07' 00" N 00° 28' 00" E UTM 31 E 280970 m N 4332852 m 62 m s.n.m.

Situada al E de la ciudad de Valencia. La distancia al Mar Mediterráneo es de 15 km en la dirección este. El anemómetro está en lo alto de un edificio de 13-m de altura, 7 m por encima de la cubierta.

Sect	z ₀₁	x ₁	z ₀₂	x ₂	z ₀₃	x ₃	z ₀₄	x ₄	z ₀₅	x ₅	z ₀₆	Porc	Grad
0	0.01	250	0.30										
30	0.01	250	0.30										
60	0.01	250	0.40										
90	0.01	200	0.40	12000	0.00								
120	0.01	400	0.40	13000	0.00								
150	0.01	1250	0.30										
180	0.01	1250	0.30										
210	0.01	1250	0.30										
240	0.01	2000	0.30										
270	0.01	2000	0.30										
300	0.01	1750	0.30										
330	0.01	500	0.30										

Altura del anemómetro: 20.0 m s.n.s.

Período: 72060603-82123121

Sect	Frec	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	5.6	572	47	99	66	51	42	24	20	15	37	10	9	6	2	2.2	0.82
30	5.5	565	39	91	80	64	60	36	21	14	19	5	3	1	2	2.3	0.92
60	10.9	280	41	107	134	139	130	72	38	22	27	5	2	2	0	4.4	1.70
90	10.5	316	21	75	109	151	145	110	48	15	10	1	0	0	0	4.4	2.02
120	11.1	286	26	69	104	152	164	119	48	22	10	0	0	0	0	4.7	2.21
150	5.0	611	24	65	71	68	73	47	18	15	8	0	0	0	0	2.0	0.96
180	4.1	801	16	52	43	34	32	12	6	3	1	0	0	0	0	0.5	0.59
210	4.2	777	16	49	47	36	35	19	11	5	5	0	0	0	0	0.7	0.62
240	8.1	391	34	73	63	67	87	76	61	44	69	20	9	2	3	4.6	1.32
270	14.2	233	39	68	73	72	78	72	54	50	124	66	40	18	10	6.7	1.53
300	12.8	258	59	158	113	104	82	46	34	26	61	26	17	12	5	4.4	1.18
330	8.1	401	41	126	110	95	63	42	28	23	41	14	10	6	1	3.6	1.11
Total	100.0	384	36	91	92	97	93	65	38	25	43	17	10	5	3	4.2	1.24

UTC	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dec	Año
0	3.2	3.3	2.5	2.1	1.4	1.0	0.9	1.1	1.4	2.1	2.5	3.7	2.1
3	3.3	3.3	3.0	2.2	1.4	1.2	0.8	1.0	1.2	2.4	2.6	3.6	2.1
6	3.2	3.3	2.7	2.1	1.5	1.2	1.3	1.0	1.3	2.5	2.7	3.7	2.2
9	3.7	4.2	4.0	3.5	3.0	2.2	1.7	1.6	1.9	3.5	3.3	4.1	3.0
12	4.4	5.1	5.4	5.6	5.6	5.4	5.2	4.9	4.1	4.4	3.5	4.7	4.8
15	5.6	6.3	6.8	6.5	6.3	6.1	6.2	5.9	5.6	5.8	5.2	5.8	6.0
18	3.6	4.4	4.8	4.8	4.5	4.9	4.8	4.6	3.8	3.2	2.4	3.4	4.1
21	3.0	3.1	2.5	2.1	1.6	1.5	1.6	1.3	1.3	2.3	2.4	3.4	2.2
Día	3.8	4.1	4.0	3.6	3.2	2.9	2.8	2.7	2.6	3.3	3.1	4.1	3.3

Clase de rugosidad 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	4.4 1.01	3.7 0.95	6.8 1.68	6.7 1.80	6.6 2.05	5.3 1.73	1.6 0.83	1.2 0.76	5.0 1.26	8.2 1.59	6.8 1.36	5.5 1.24	5.8 1.31
25	4.8 1.02	4.1 0.96	7.5 1.73	7.4 1.86	7.2 2.11	5.9 1.79	1.8 0.85	1.4 0.78	5.5 1.29	8.9 1.61	7.4 1.38	6.1 1.26	6.3 1.34
50	5.2 1.05	4.4 0.99	8.0 1.77	7.9 1.91	7.7 2.17	6.3 1.83	1.9 0.87	1.5 0.80	5.9 1.33	9.6 1.65	7.9 1.41	6.5 1.30	6.8 1.37
100	5.5 1.04	4.7 0.97	8.6 1.72	8.6 1.85	8.4 2.10	6.8 1.77	2.1 0.85	1.6 0.77	6.3 1.29	10.2 1.63	8.4 1.39	6.9 1.27	7.3 1.35
200	5.9 1.01	5.0 0.95	9.5 1.64	9.5 1.75	9.3 1.99	7.5 1.69	2.2 0.81	1.7 0.74	6.9 1.24	11.0 1.58	9.1 1.35	7.5 1.23	7.9 1.31
Frec	6.5	5.5	8.8	10.7	10.9	7.3	4.4	4.2	6.7	12.0	13.1	9.8	100.0

Clase de rugosidad 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	2.7 0.85	2.5 0.87	5.0 1.55	4.6 1.58	4.5 1.74	2.7 1.12	0.6 0.62	0.6 0.60	3.9 1.21	6.0 1.47	4.3 1.17	3.7 1.09	3.9 1.16
25	3.2 0.87	3.0 0.91	6.0 1.67	5.5 1.70	5.5 1.88	3.2 1.20	0.8 0.65	0.8 0.63	4.7 1.29	7.1 1.52	5.1 1.21	4.5 1.14	4.7 1.22
50	3.7 0.91	3.6 0.98	6.9 1.86	6.4 1.91	6.3 2.12	3.8 1.34	1.0 0.72	1.0 0.69	5.5 1.42	8.0 1.60	5.8 1.29	5.2 1.23	5.5 1.31
100	4.3 0.97	4.2 1.04	8.2 1.98	7.6 2.03	7.5 2.25	4.6 1.42	1.3 0.75	1.2 0.73	6.5 1.52	9.2 1.71	6.8 1.38	6.1 1.31	6.4 1.40
200	4.9 0.94	4.9 1.01	10.2 1.90	9.4 1.94	9.4 2.15	5.7 1.36	1.5 0.73	1.5 0.70	8.0 1.46	10.6 1.66	7.9 1.34	7.1 1.26	7.7 1.37
Frec	5.9	5.5	10.1	10.6	11.1	5.9	4.2	4.2	7.6	13.5	12.9	8.6	100.0

Clase de rugosidad 2

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	2.2 0.83	2.2 0.89	4.4 1.59	4.0 1.59	3.9 1.72	1.9 1.00	0.5 0.60	0.6 0.61	3.5 1.25	5.3 1.49	3.6 1.15	3.2 1.08	3.4 1.17
25	2.7 0.85	2.8 0.93	5.5 1.69	4.9 1.71	4.9 1.84	2.4 1.06	0.6 0.63	0.7 0.64	4.4 1.33	6.5 1.53	4.4 1.20	4.0 1.13	4.2 1.21
50	3.2 0.88	3.3 0.99	6.4 1.87	5.8 1.88	5.7 2.04	2.9 1.17	0.8 0.68	0.9 0.69	5.2 1.45	7.4 1.60	5.2 1.27	4.7 1.20	5.0 1.29
100	3.8 0.93	4.0 1.07	7.7 2.05	6.9 2.07	6.8 2.24	3.5 1.27	1.0 0.73	1.2 0.74	6.3 1.59	8.6 1.73	6.1 1.38	5.5 1.31	5.9 1.40
200	4.3 0.92	4.7 1.04	9.4 1.96	8.5 1.98	8.4 2.14	4.3 1.22	1.2 0.70	1.4 0.72	7.6 1.53	9.9 1.69	7.2 1.34	6.5 1.26	7.1 1.37
Frec	5.7	5.5	10.6	10.6	11.1	5.4	4.1	4.2	8.0	14.0	12.8	8.2	100.0

Clase de rugosidad 3

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	1.7 0.82	2.0 0.97	3.5 1.63	3.1 1.62	3.0 1.70	1.2 0.90	0.6 0.71	0.8 0.70	3.0 1.30	4.1 1.47	2.8 1.16	2.5 1.08	2.7 1.18
25	2.2 0.83	2.7 1.01	4.6 1.73	4.1 1.72	4.0 1.80	1.7 0.95	0.8 0.75	1.0 0.73	4.0 1.37	5.3 1.51	3.7 1.20	3.3 1.12	3.6 1.22
50	2.7 0.86	3.3 1.07	5.6 1.88	5.0 1.87	4.9 1.95	2.1 1.02	1.0 0.80	1.3 0.78	4.8 1.46	6.3 1.56	4.4 1.26	4.0 1.18	4.3 1.29
100	3.2 0.90	4.0 1.19	6.8 2.13	6.0 2.12	5.9 2.22	2.6 1.15	1.3 0.89	1.8 0.87	5.8 1.63	7.5 1.67	5.3 1.38	4.9 1.29	5.3 1.40
200	3.8 0.91	4.8 1.16	8.3 2.06	7.3 2.05	7.2 2.14	3.1 1.12	1.6 0.87	2.1 0.85	7.0 1.59	8.7 1.69	6.3 1.37	5.8 1.28	6.3 1.40
Frec	5.6	5.8	10.9	10.6	10.7	4.9	4.1	4.6	8.6	14.1	12.2	7.8	100.0

z	Clase 0		Clase 1		Clase 2		Clase 3	
10	5.3	307	3.7	134	3.2	88	2.6	42
25	5.8	388	4.4	205	4.0	150	3.4	88
50	6.2	458	5.0	267	4.6	210	4.0	138
100	6.7	585	5.9	376	5.4	293	4.8	202
200	7.3	798	7.1	680	6.5	523	5.7	349

Zaragoza

41° 40' 14" N 01° 01' 15" W UTM 30 E 664764 m N 4615173 m 247 m s.n.m.

El aeropuerto de Zaragoza está situado en el sector abierto NW-SE, orientado al Valle del Ebro, estando el río a 8-9 km en dirección NE. La orilla del río forma un desnivel de 100-m. A unos 15 km hacia el SSW se encuentra un altiplano de 250-350 m de altura (500-600 m e.n.m.). El anemómetro está situado 3 m por encima de la cubierta de un edificio de 20-m de altura.

Sect	z ₀₁	x ₁	z ₀₂	x ₂	z ₀₃	x ₃	z ₀₄	x ₄	z ₀₅	x ₅	z ₀₆	Porc	Grad
0	0.30											-19	-10
30	0.30											-27	2
60	0.30											-14	11
90	0.15	750	0.30									2	8
120	0.05	3500	0.30									7	-1
150	0.01	750	0.05	4000	0.30								-8
180	0.01	750	0.05	4000	0.30							-15	-9
210	0.01	750	0.05	3000	0.30							-23	1
240	0.01	1000	0.05	2000	0.30							-13	10
270	0.01	2000	0.05	4000	0.30							2	7
300	0.03	1500	0.13	3000	0.30								-1
330	0.30											-1	-10

Altura del anemómetro: 23.0 m s.n.s.

Período: 72060609-85123121

Sect	Frec	<1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	13	15	17	>17	A	k
0	2.4	466	112	114	78	64	29	24	20	20	31	19	10	6	8	2.4	0.76
30	2.0	551	129	166	62	51	14	10	1	0	1	0	2	3	10	1.7	0.70
60	3.9	328	126	185	174	100	49	26	5	3	3	1	0	1	0	2.9	1.53
90	10.4	150	115	194	177	158	92	63	27	12	9	1	0	0	0	3.9	1.88
120	8.8	155	120	187	161	120	92	76	40	19	20	5	1	1	1	4.1	1.50
150	2.8	453	147	170	90	57	33	23	10	9	8	1	0	0	0	2.2	1.11
180	2.0	583	121	110	77	42	27	22	6	3	8	0	0	1	0	1.5	0.87
210	2.5	483	90	113	84	58	51	43	18	22	27	7	1	1	1	2.5	0.96
240	5.6	225	105	130	102	77	69	69	51	46	79	28	12	5	2	4.7	1.31
270	15.2	87	54	86	93	107	113	118	102	63	104	45	19	8	1	6.8	2.00
300	29.5	49	32	69	80	101	90	108	97	82	165	79	35	9	3	7.9	2.24
330	14.8	89	39	68	69	80	78	85	91	83	183	86	38	8	3	8.1	2.29
Total	100.0	154	71	111	102	100	83	84	68	53	101	46	20	6	2	6.0	1.58

UTC	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dec	Año
0	4.7	4.6	5.0	5.3	4.9	5.1	5.8	5.8	4.6	4.2	4.1	5.4	5.0
3	4.5	4.2	4.7	4.9	4.2	4.7	5.6	5.1	4.0	3.9	4.0	4.9	4.6
6	4.4	4.4	4.3	4.8	3.8	4.1	4.7	4.4	3.4	3.6	4.0	4.6	4.2
9	4.8	4.8	5.7	6.4	5.2	5.4	5.3	5.4	4.6	4.5	4.5	4.8	5.1
12	5.9	6.3	6.8	6.4	5.5	5.0	4.8	5.2	4.8	5.7	5.4	5.7	5.6
15	6.1	6.2	6.9	6.6	5.6	5.3	5.2	5.4	4.8	5.6	5.5	5.8	5.7
18	4.9	5.1	5.6	6.3	5.5	5.6	5.7	5.5	3.9	4.3	4.7	5.1	5.2
21	5.0	4.6	5.6	5.5	4.6	5.1	5.9	5.6	4.6	4.6	4.5	5.2	5.1
Día	5.0	5.0	5.6	5.8	4.9	5.0	5.4	5.3	4.3	4.6	4.7	5.2	5.1

Clase de rugosidad 0

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	12.6	8.2	6.2	6.0	5.5	4.6	3.3	4.3	8.2	8.7	10.1	11.6	8.7
	1.94	1.12	1.43	1.95	1.81	1.54	1.20	1.00	1.61	2.10	2.31	2.28	1.60
25	13.7	8.9	6.7	6.6	6.0	5.0	3.6	4.8	9.0	9.6	11.0	12.6	9.5
	1.95	1.12	1.47	2.01	1.87	1.58	1.24	1.02	1.63	2.14	2.36	2.31	1.63
50	14.5	9.5	7.2	7.1	6.5	5.4	3.9	5.1	9.6	10.2	11.7	13.4	10.2
	1.97	1.13	1.51	2.06	1.91	1.62	1.27	1.04	1.67	2.20	2.42	2.35	1.65
100	15.4	10.1	7.8	7.7	7.0	5.8	4.2	5.4	10.2	11.0	12.6	14.4	10.9
	1.98	1.13	1.47	2.00	1.85	1.58	1.23	1.02	1.65	2.15	2.38	2.34	1.65
200	16.4	10.7	8.4	8.5	7.7	6.4	4.6	5.8	11.0	12.0	13.6	15.4	11.8
	1.95	1.12	1.41	1.90	1.76	1.49	1.17	1.00	1.60	2.06	2.30	2.29	1.64
Frec	9.9	4.5	5.1	7.5	7.2	4.5	2.8	3.2	6.9	12.3	18.7	17.3	100.0

Clase de rugosidad 1

z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	9.2	4.3	4.3	4.1	3.7	2.8	2.0	3.4	6.1	6.1	7.4	8.8	6.2
	1.66	0.87	1.40	1.66	1.46	1.22	0.94	0.96	1.53	1.87	2.12	2.16	1.47
25	10.7	5.0	5.2	4.9	4.4	3.5	2.4	4.0	7.2	7.2	8.7	10.2	7.3
	1.68	0.88	1.51	1.79	1.57	1.31	1.01	0.99	1.59	1.99	2.21	2.21	1.52
50	11.9	5.5	6.1	5.7	5.2	4.1	2.9	4.6	8.1	8.3	9.9	11.4	8.3
	1.72	0.89	1.69	2.02	1.77	1.47	1.13	1.04	1.69	2.19	2.36	2.30	1.59
100	13.2	6.2	7.3	6.8	6.2	4.9	3.5	5.3	9.3	9.7	11.2	12.8	9.5
	1.78	0.91	1.80	2.15	1.88	1.56	1.19	1.11	1.81	2.35	2.53	2.45	1.70
200	14.6	6.8	9.0	8.4	7.6	6.0	4.3	6.1	10.8	11.7	13.2	14.6	11.2
	1.78	0.92	1.72	2.05	1.79	1.49	1.14	1.08	1.76	2.25	2.45	2.40	1.73
Frec	8.0	3.7	5.9	8.0	6.8	3.7	2.6	3.5	8.1	13.6	20.3	15.7	100.0

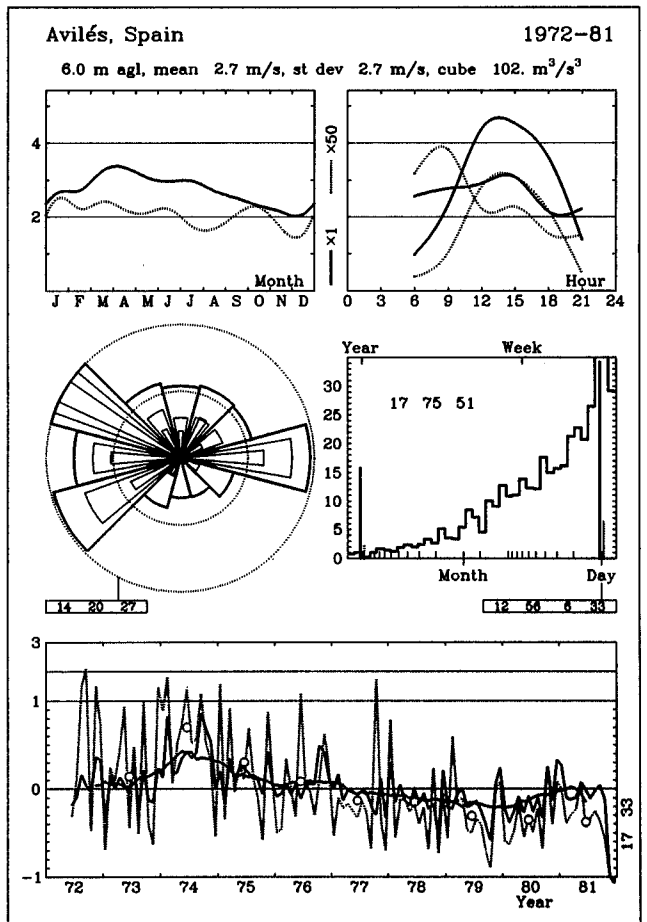
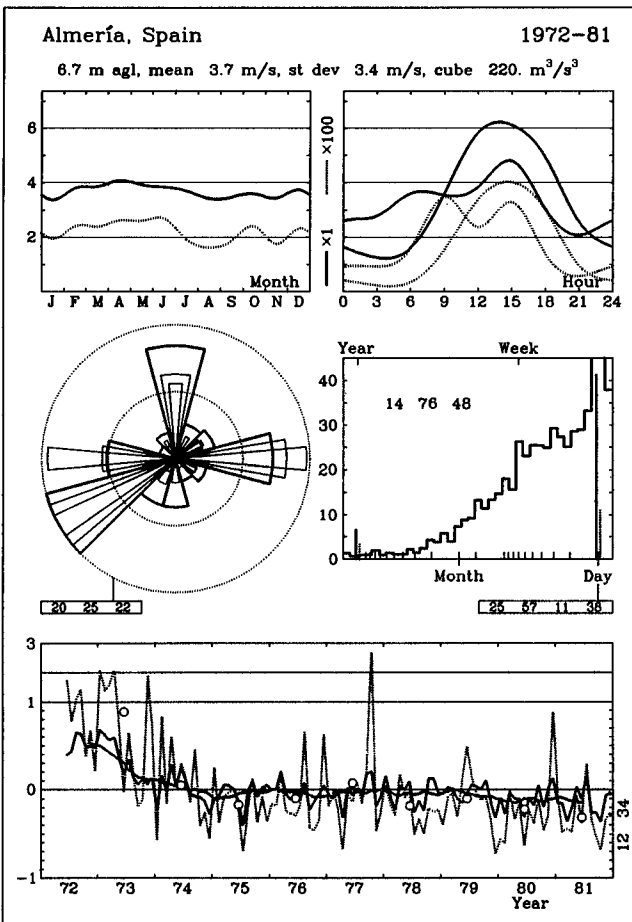
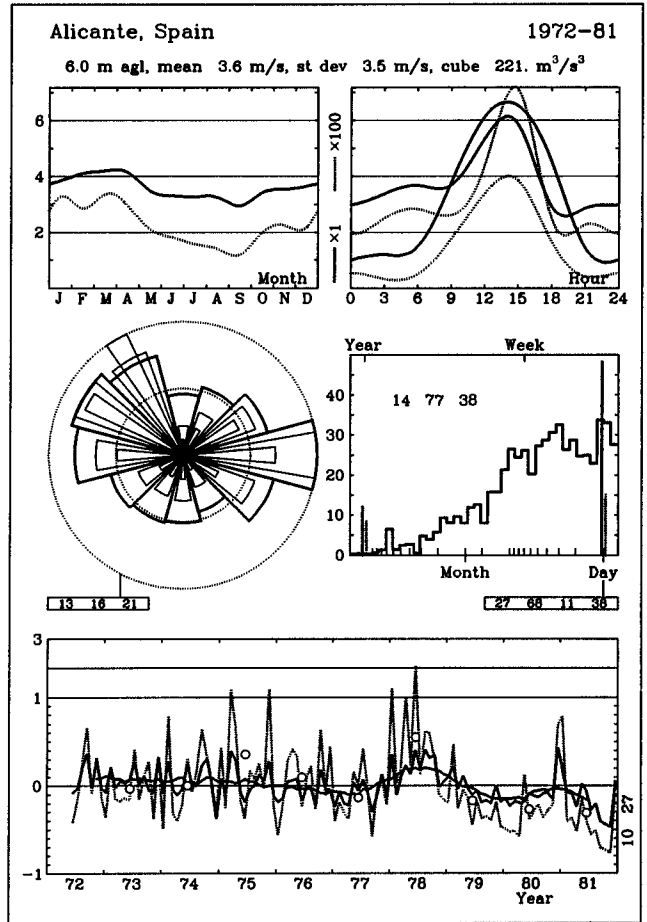
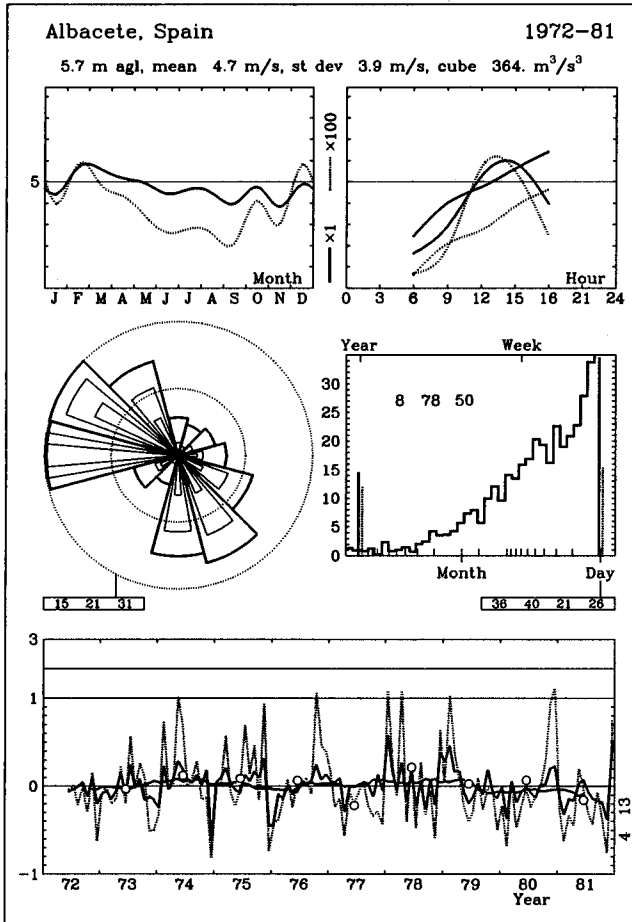
Clase de rugosidad 2

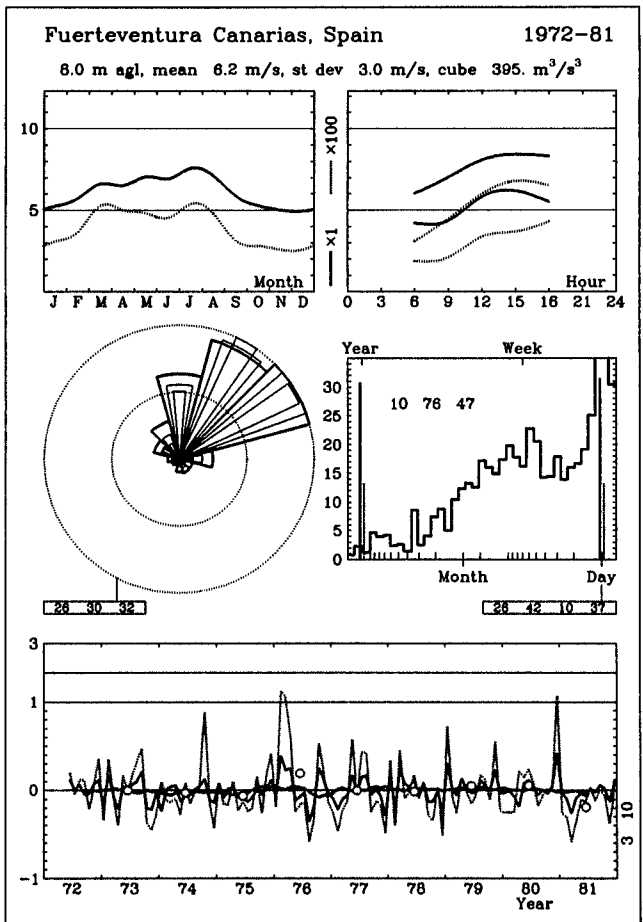
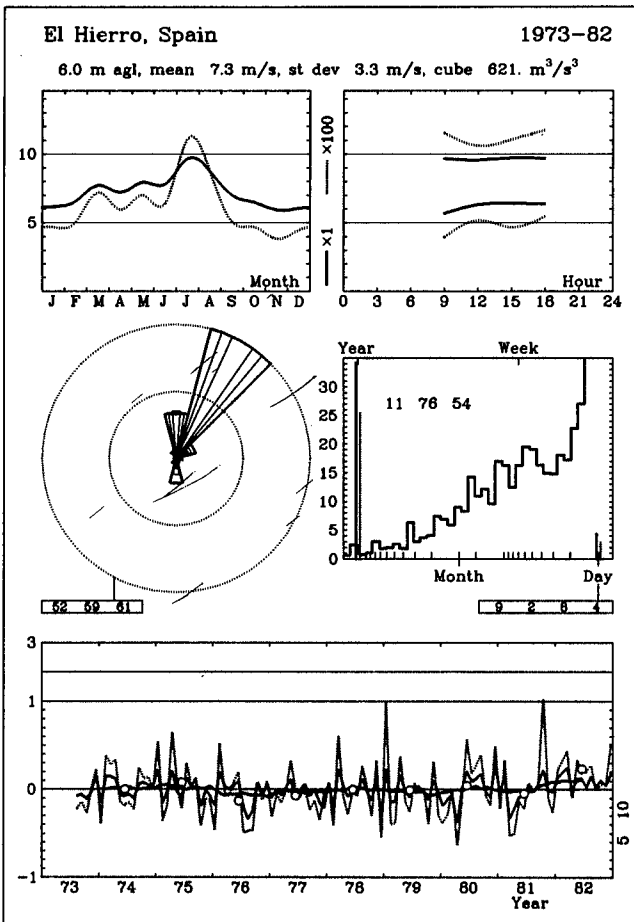
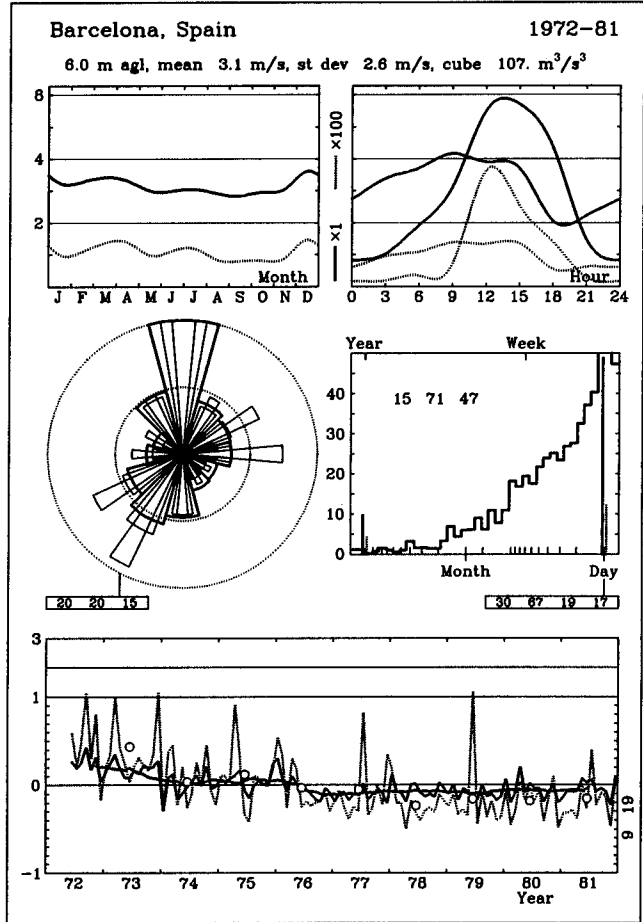
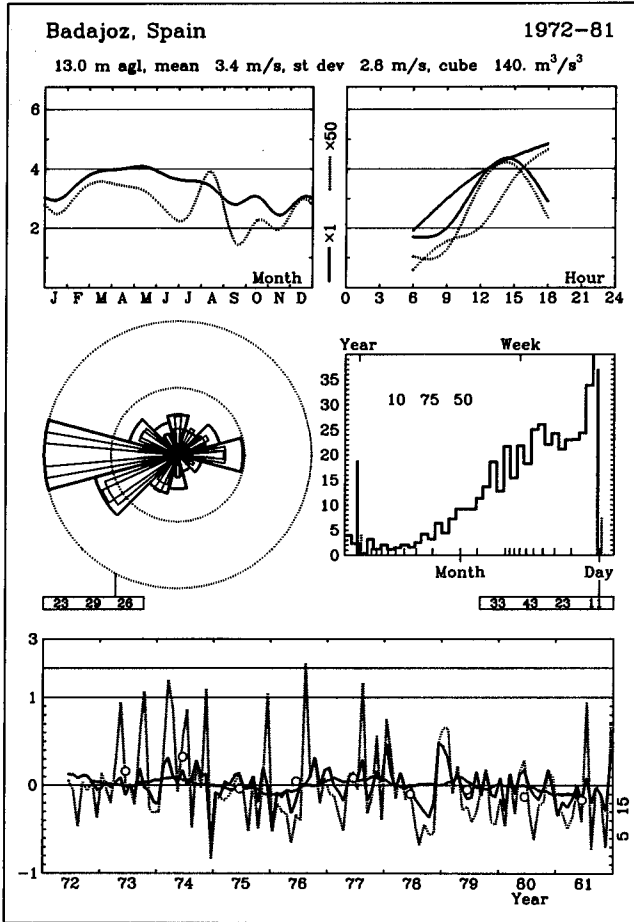
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	8.0	3.2	3.8	3.5	3.2	2.4	1.6	3.0	5.3	5.3	6.5	7.8	5.4
	1.62	0.83	1.48	1.67	1.43	1.19	0.91	0.98	1.56	1.90	2.16	2.20	1.47
25	9.6	3.9	4.7	4.4	3.9	3.0	2.0	3.7	6.5	6.5	7.9	9.4	6.6
	1.64	0.83	1.58	1.79	1.53	1.26	0.97	1.00	1.62	2.01	2.24	2.25	1.52
50	10.9	4.4	5.6	5.2	4.6	3.5	2.5	4.3	7.5	7.5	9.1	10.7	7.6
	1.66	0.84	1.75	1.98	1.69	1.39	1.06	1.04	1.70	2.18	2.36	2.33	1.58
100	12.3	5.0	6.7	6.2	5.6	4.3	3.1	5.1	8.7	8.9	10.5	12.1	8.8
	1.71	0.86	1.92	2.18	1.85	1.52	1.16	1.12	1.85	2.40	2.58	2.47	1.69
200	13.8	5.6	8.2	7.6	6.8	5.3	3.7	5.8	10.1	10.8	12.3	13.9	10.3
	1.74	0.87	1.84	2.08	1.77	1.46	1.11	1.10	1.80	2.31	2.51	2.45	1.73
Frec	7.3	3.4	6.2	8.2	6.7	3.4	2.5	3.6	8.6	14.0	20.9	15.1	100.0

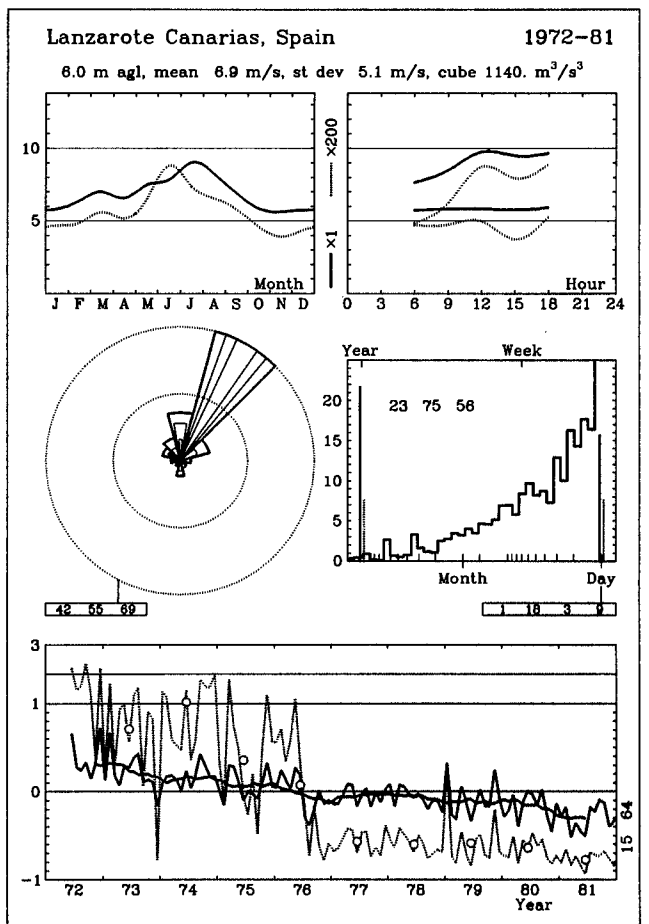
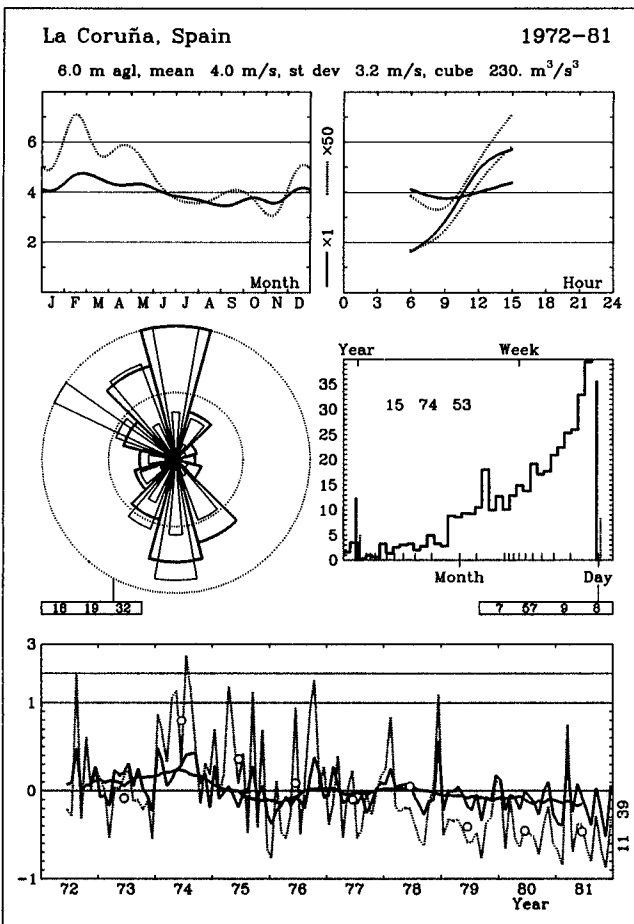
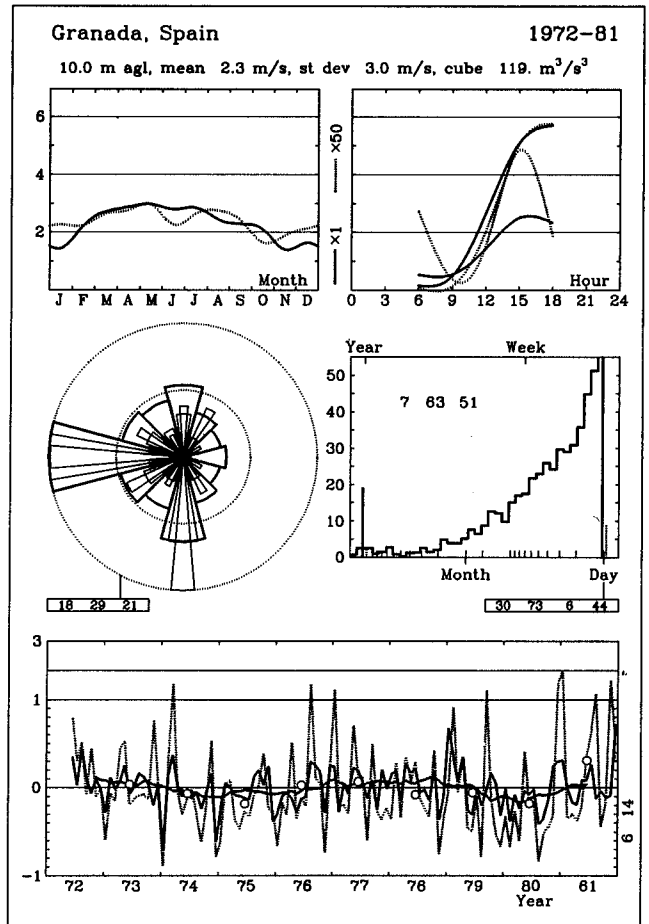
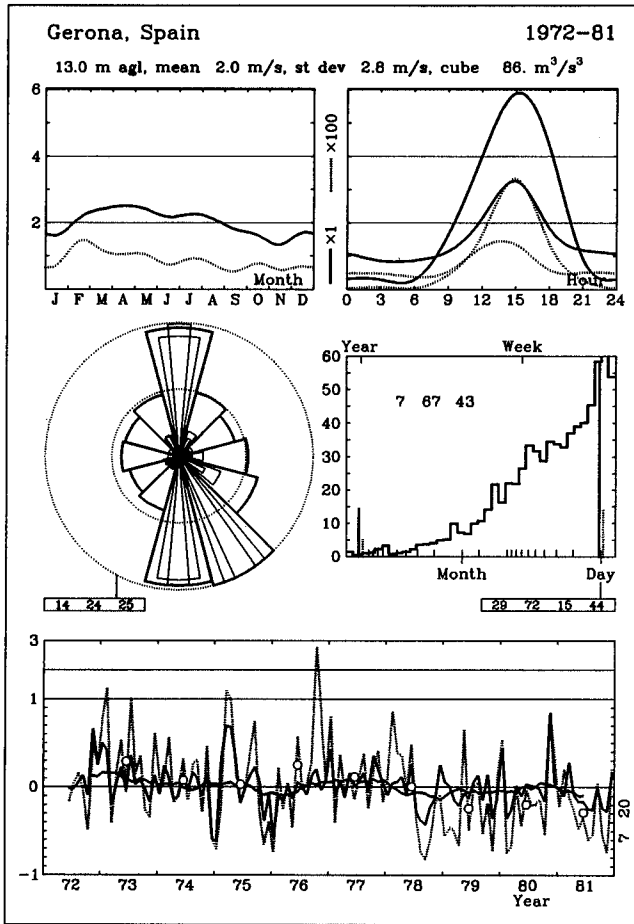
Clase de rugosidad 3

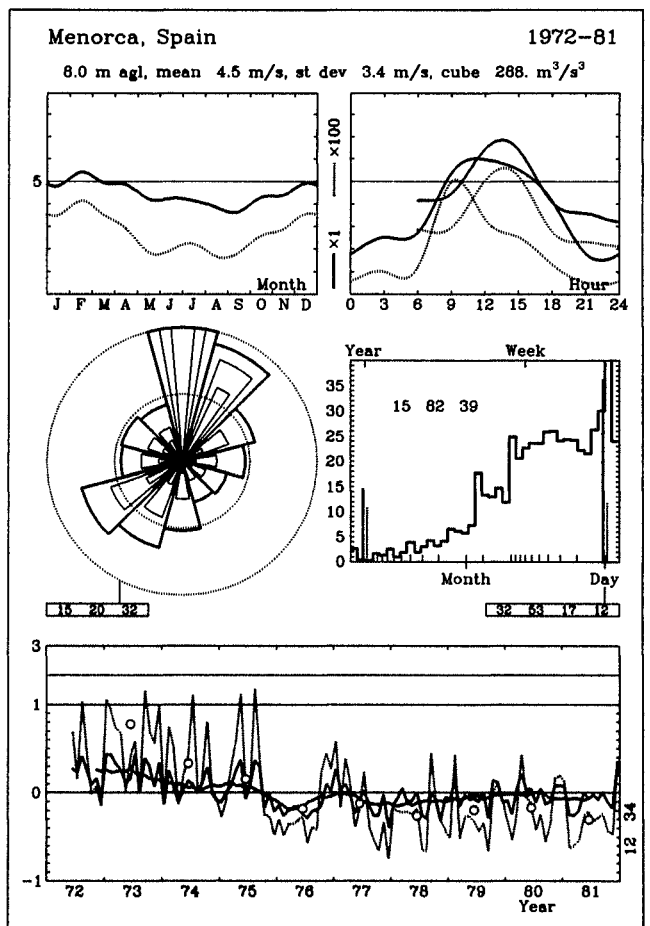
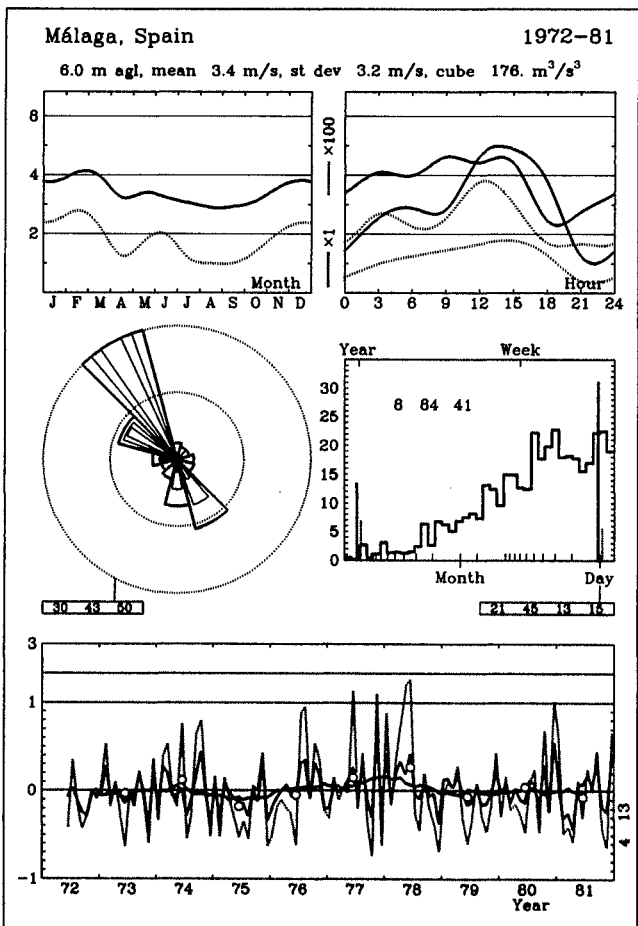
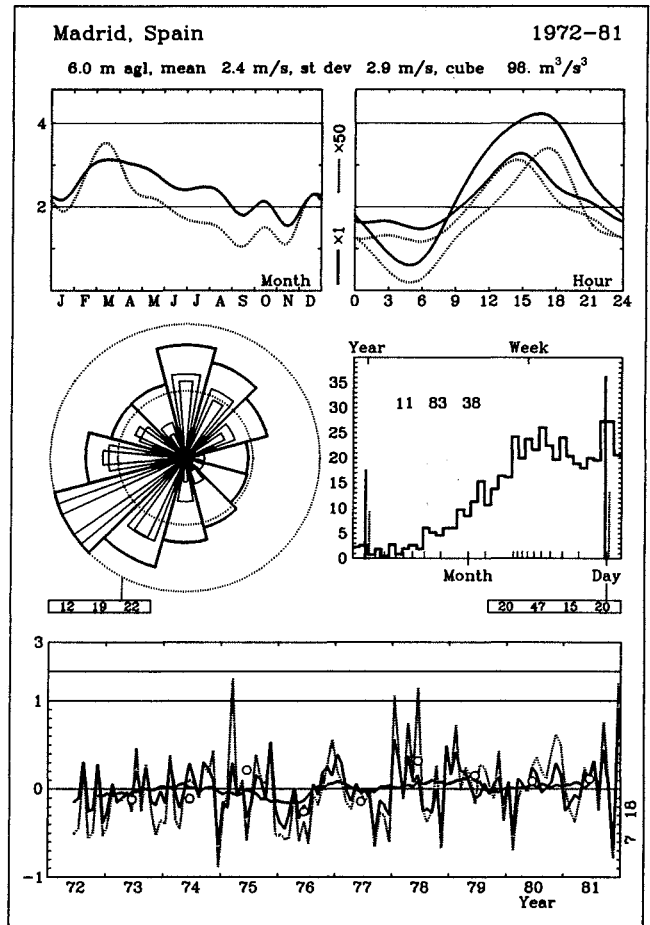
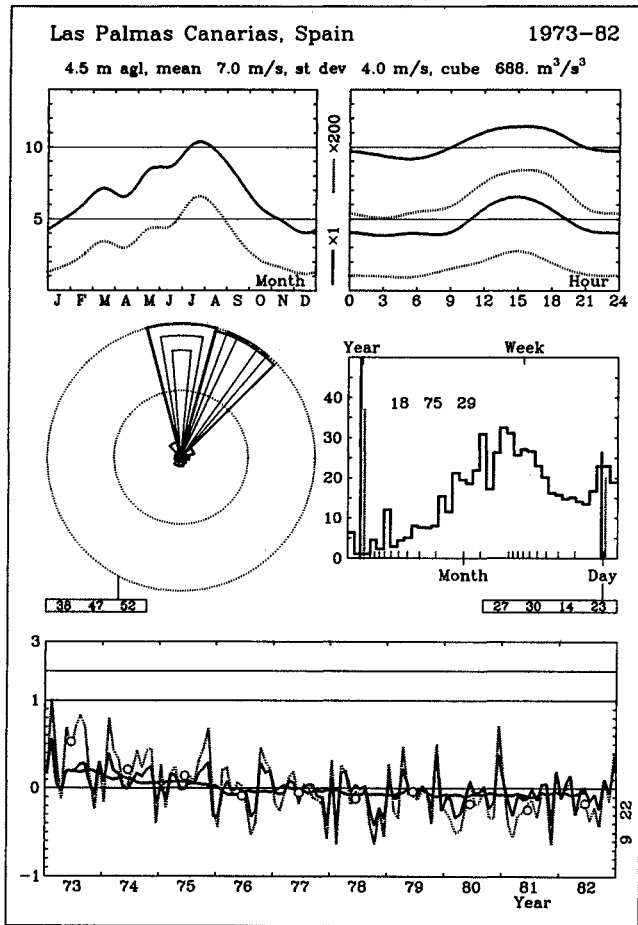
z	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
10	6.2	2.3	3.0	2.8	2.5	1.8	1.3	2.7	4.2	4.2	5.2	6.2	4.2
	1.56	0.82	1.58	1.69	1.43	1.14	0.88	1.06	1.62	1.92	2.18	2.21	1.49
25	8.0	3.0	3.9	3.7	3.3	2.4	1.8	3.5	5.5	5.5	6.7	8.0	5.5
	1.58	0.83	1.68	1.79	1.51	1.20	0.93	1.08	1.67	2.01	2.24	2.26	1.53
50	9.4	3.5	4.8	4.4	4.0	2.9	2.2	4.2	6.6	6.6	8.0	9.4	6.6
	1.60	0.84	1.82	1.94	1.64	1.30	1.00	1.12	1.74	2.15	2.35	2.31	1.58
100	10.9	4.1	5.8	5.4	4.8	3.6	2.8	5.0	7.8	7.9	9.4	10.9	7.8
	1.63	0.86	2.08	2.21	1.87	1.48	1.12	1.20	1.88	2.40	2.53	2.42	1.67
200	12.4	4.7	7.0	6.6	5.9	4.3	3.4	5.9	9.1	9.5	11.0	12.6	9.2
	1.68	0.88	2.00	2.13	1.80	1.42	1.09	1.21	1.89	2.35	2.54	2.47	1.72
Frec	6.8	3.4	6.6	8.1	6.2	3.2	2.5	4.1	9.4	14.4	20.6	14.5	100.0

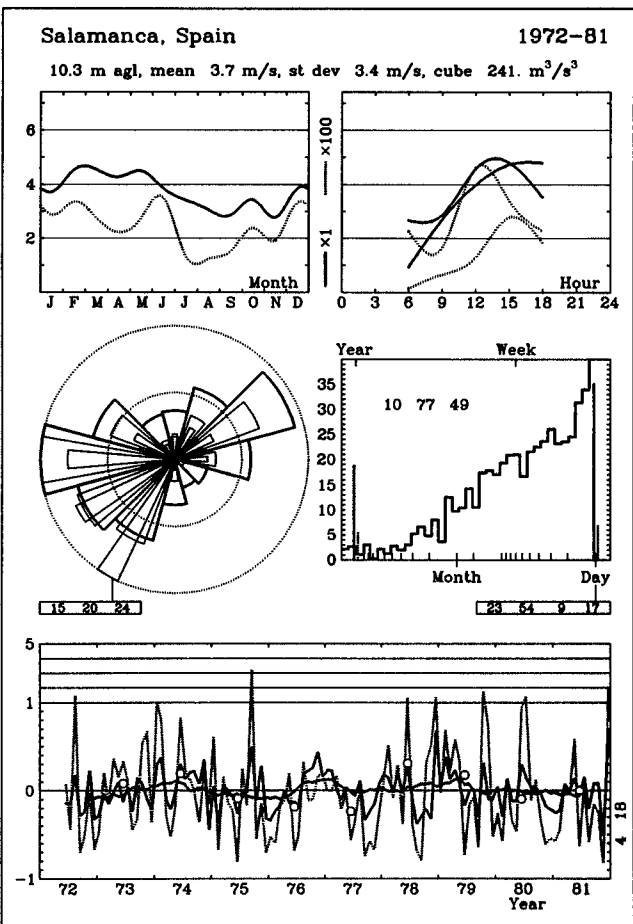
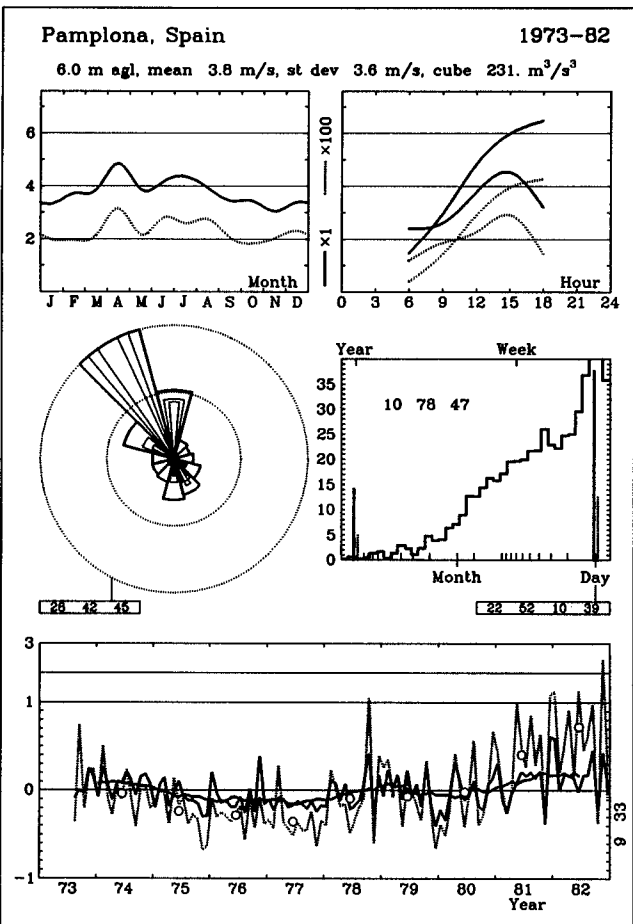
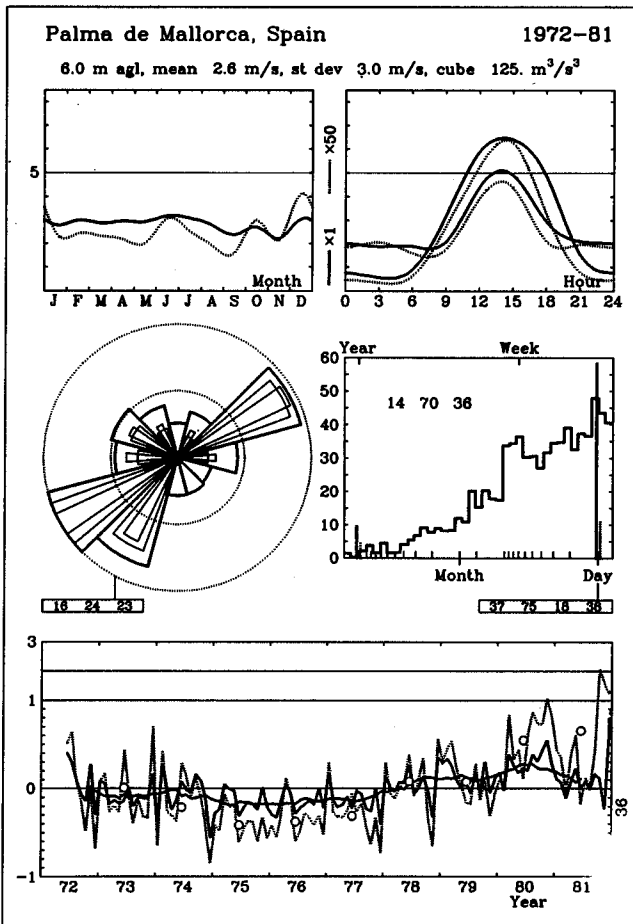
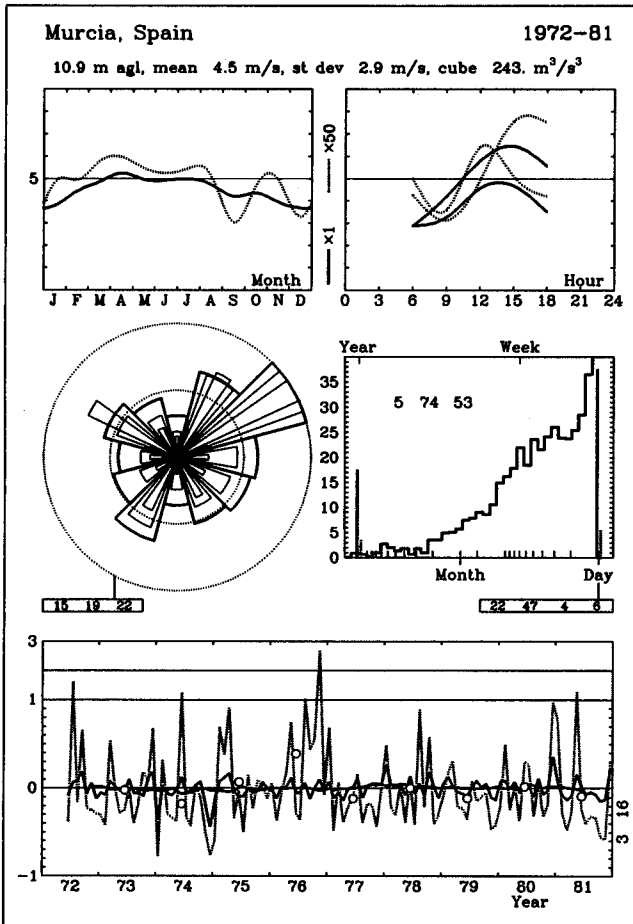
z	Clase 0		Clase 1		Clase 2		Clase 3	
10	7.8	725	5.6	298	4.9	195	3.8	93
25	8.5	921	6.6	462	5.9	337	5.0	199
50	9.1	1095	7.4	626	6.8	483	5.9	317
100	9.7	1345	8.5	858	7.8	682	7.0	481
200	10.5	1722	10.0	1359	9.2	1078	8.2	760

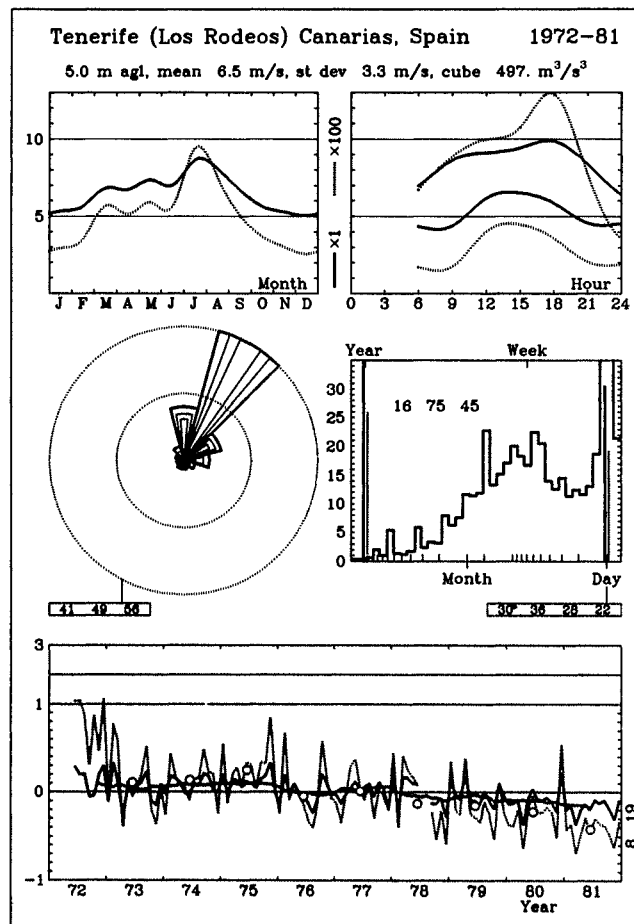
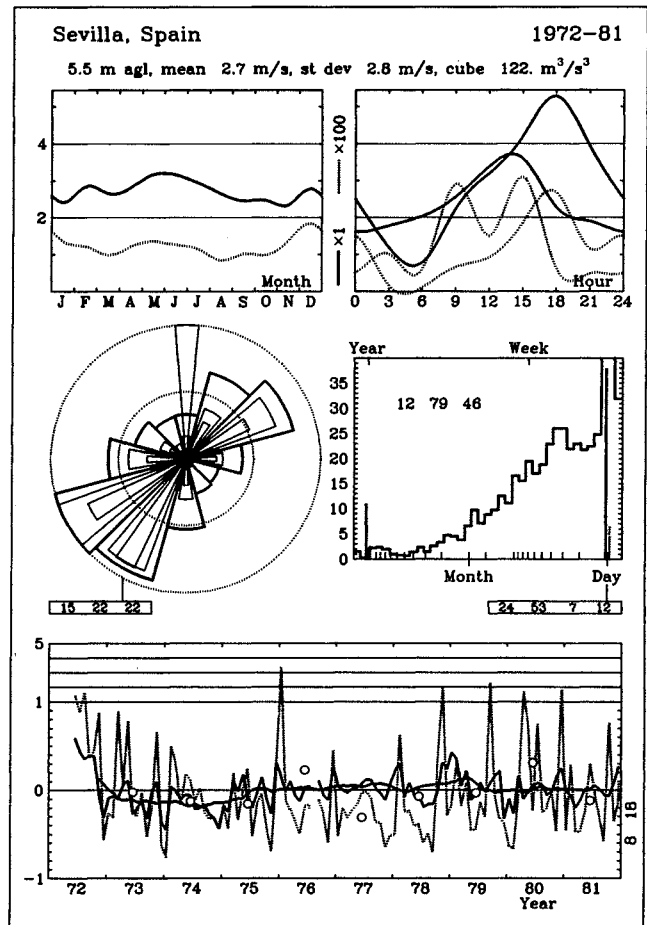
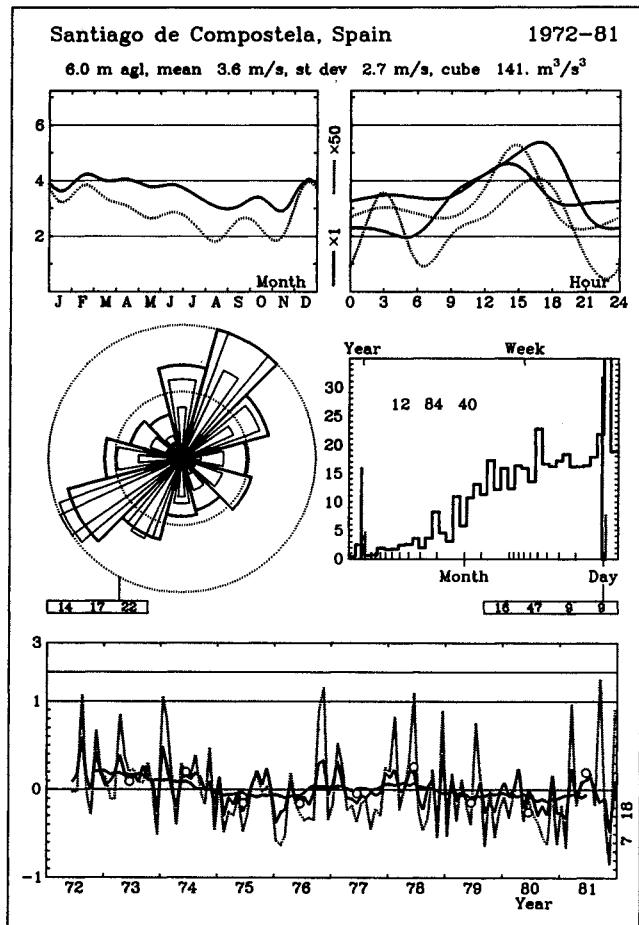












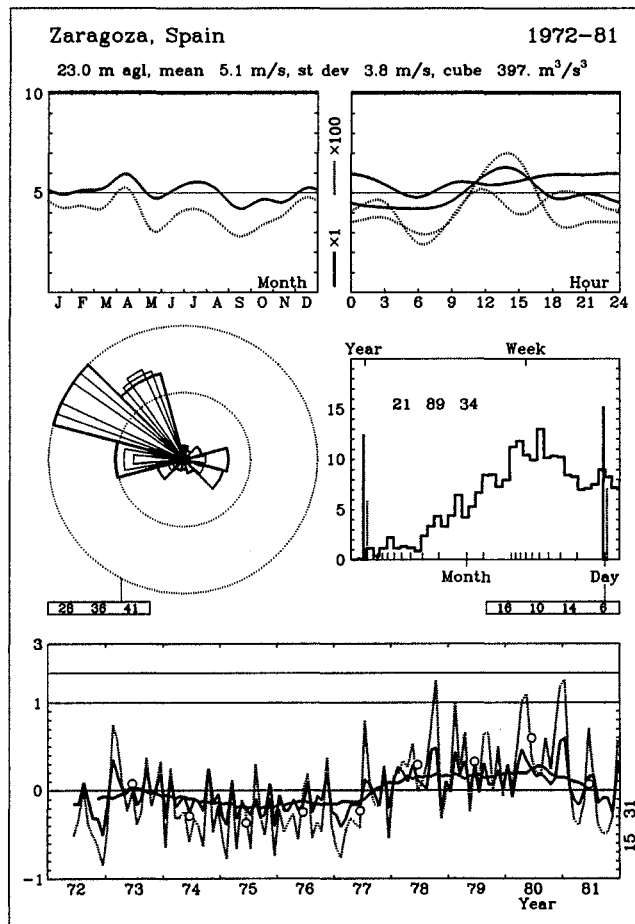
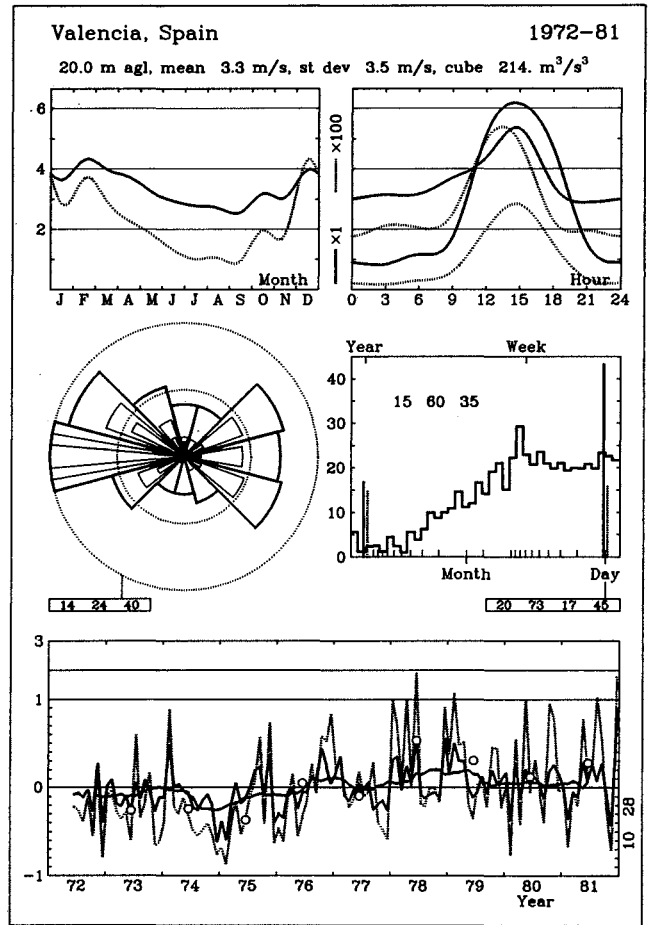
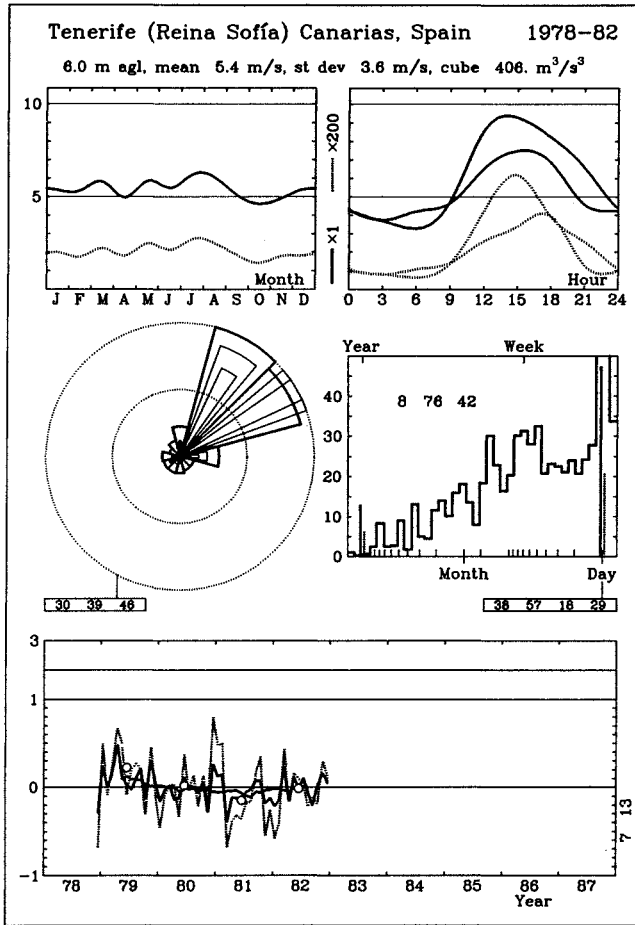


Tabla 7.3. Estadísticas para las estaciones aéreas analizadas, ver Tabla 7.2. La tabla lista las estadísticas correspondientes a las distribuciones observadas: los parámetros de Weibull A y k para la distribución total de la velocidad del viento, el valor medio de la velocidad, el valor cuadrático medio, y el valor medio del cubo de la velocidad. Los subíndices d y e se refieren a los valores calculados a partir de la distribución de frecuencias observada y a partir de los parámetros de Weibull, respectivamente.

	A m s^{-1}	k	\bar{u}_d m s^{-1}	\bar{u}_e m s^{-1}	$\overline{u_d^2}$ m^2s^{-2}	$\overline{u_e^2}$ m^2s^{-2}	$\overline{u_d^3}$ m^3s^{-3}	$\overline{u_e^3}$ m^3s^{-3}
Bélgica								
Ukkel	10.9	1.79	9.9	9.7	127.0	126.4	1986	1984
Dinamarca								
Risø	11.4	1.72	10.3	10.2	141.5	141.5	2402	2401
Francia								
Ajaccio	6.3	1.45	6.0	5.7	50.0	48.6	533	533
Bordeaux	10.2	1.63	9.4	9.1	116.9	115.3	1820	1819
Brest	12.4	1.86	11.2	11.0	159.7	157.9	2725	2723
Lyon	10.0	1.58	9.3	8.9	114.9	113.4	1806	1805
Nancy	10.7	1.64	9.9	9.5	128.0	126.3	2075	2073
Nantes	11.2	1.84	10.2	9.9	131.2	129.5	2036	2034
Nîmes	10.9	1.69	10.0	9.7	131.1	128.9	2108	2107
Toulouse	8.9	1.48	8.4	8.0	95.9	94.7	1432	1431
Trappes	11.6	1.77	10.7	10.4	146.2	144.1	2435	2433
Alemania(FRG)								
Emden	11.4	1.82	10.1	10.1	136.5	136.3	2210	2208
Essen	10.6	1.61	9.6	9.5	127.8	126.8	2114	2112
Hannover	10.8	1.63	9.9	9.7	133.6	131.2	2207	2205
München	8.0	1.26	7.7	7.5	93.5	91.7	1526	1525
Schleswig	11.8	1.77	10.5	10.5	146.8	146.7	2501	2499
Stuttgart	8.7	1.40	8.1	7.9	96.6	95.4	1498	1498
Grecia								
Athina	9.0	1.65	8.4	8.0	91.7	89.6	1238	1237
Heraklion	11.6	1.77	10.4	10.3	143.8	143.7	2423	2421
Irlanda								
Valentia	13.6	2.07	11.8	12.0	180.5	182.1	3223	3221
Italia								
Brindisi	9.2	1.58	8.4	8.2	96.4	95.9	1402	1401
Cagliari	9.4	1.58	8.3	8.4	100.7	101.2	1523	1522
Roma	7.5	1.53	7.0	6.8	66.9	66.4	823	823
Udine	6.2	1.44	5.8	5.6	47.3	47.7	521	521
Reino Unido								
Aughton	12.5	1.79	11.1	11.1	164.6	165.6	2984	2982
Camborne	12.7	1.87	11.2	11.3	164.7	166.3	2941	2939
Crawley	12.3	1.78	11.0	10.9	160.1	160.2	2848	2846
Hemsby	11.9	1.78	10.6	10.6	148.4	149.2	2557	2555
Lerwick	13.0	1.87	11.4	11.5	172.3	173.4	3131	3129
Stornoway	13.1	1.81	11.6	11.7	179.9	180.6	3376	3373

Parte III

LOS MODELOS Y EL ANALISIS

Capítulo 8

El modelo del Atlas Eólico

Este Capítulo presenta los modelos físicos y estadísticos utilizados en la elaboración del Atlas Eólico. Además de una descripción de los distintos elementos usados en la modelación física y estadística, se tratan también detalles más prácticos relacionados con el manejo de los datos y con el estudio de las características del entorno del anemómetro. Finalmente, se tratan también incertidumbres y posibles errores en las fuentes de datos y en el modelo mismo.

Distintos tipos de modelos han sido examinados a lo largo del desarrollo del presente modelo. Algunos de ellos fueron utilizados en alguna etapa del desarrollo del modelo del Atlas Eólico, pero se abandonaron posteriormente. Algunos de estos estudios están publicados en otra parte, p.e. Petersen et al. (1984), Petersen y Troen (1986), y Sacré (1987).

8.1 La base física

Como ya se menciona en la introducción de este libro, el concepto del Atlas Eólico consiste en el uso de un conjunto de modelos para corregir los datos de viento medidos más un análisis de los datos ya corregidos en términos de sus distribuciones de frecuencia. En principio, la corrección puede realizarse tanto en la base de datos de las series temporales, transformando cada una de las medidas tomadas, como en la distribución de frecuencias mediante la transformación adecuada. En sus inicios, el trabajo del Atlas Eólico se concentró en la transformación de las series temporales. Una transformación de este tipo tiene aplicaciones que van más allá del propósito del Atlas Eólico; un ejemplo de estas aplicaciones es la construcción de series temporales en emplazamientos concretos para su uso en simulaciones, tal y como se describe en Petersen (1986). El modelo que aquí se describe se basa en la transformación de las distribuciones de frecuencia. El paquete integrado de ordenador que en este análisis se utiliza es el *Programa de Análisis y Aplicación del Atlas Eólico (WASP)*. Los submodelos se describen a continuación.

Leyes de semejanza en la capa superficial

La capa de la atmósfera más cercana a la superficie terrestre recibe el nombre de capa fronteriza de la atmósfera. La capa se extiende hacia arriba hasta unos 100 m en noches claras con vientos de poca velocidad y hasta más de 2 km en un muy buen día de verano. La parte más baja de esta capa recibe el nombre de capa superficial, a la cuál se le asigna a veces una dimensión fija, digamos un 10% del grosor total de la capa fronteriza. Para lo que se refiere al tema de la energía eólica, los vientos flojos pueden despreciarse, y con ello sólo nos conciernen situaciones en las que la capa fronteriza se extiende aproximadamente 1 km en la vertical y la capa superficial ocupa sus 100 m más próximos a la superficie terrestre.

Para valores grandes de las velocidades del viento, el perfil vertical del viento por encima de un terreno llano y razonablemente homogéneo se puede modelar usando la ley logarítmica:

$$u(z) = \frac{u_*}{\kappa} \ln \frac{z}{z_0} \quad (8.1)$$

en donde $u(z)$ es la velocidad del viento a una altura z por encima del nivel del suelo, z_0 es el parámetro de aspereza superficial, κ es la constante de von Kármán, tomada aquí con valor 0.40, y u_* es la llamada velocidad de rozamiento relacionada con la tensión superficial τ por la definición:

$$|\tau| = \rho u_*^2 \quad (8.2)$$

en donde ρ es la densidad del aire. En el caso de vientos moderados, el perfil vertical del viento se separa del logarítmico cuando z es superior a unas pocas decenas de metros. Las desviaciones son debidas a las fuerzas de empuje en la turbulencia dinámica; la rugosidad ya no es, ni mucho menos, la característica más relevante de la superficie sino que hay que añadirle los parámetros necesarios para describir el flujo de calor en superficie. Con el enfriamiento nocturno de la superficie, disminuye la turbulencia y esto provoca que el perfil vertical tenga un crecimiento más rápido con la altura; de la misma forma, el calentamiento diurno aumenta la turbulencia y mantiene más constante el perfil vertical con la altura. Para estos perfiles verticales más generales, se tienen las expresiones:

$$u(z) = \frac{u_*}{\kappa} [\ln(z/z_0) - \psi(z/L)] \quad (8.3)$$

siendo ψ una función empírica (Businger, 1973; Dyer, 1974). El nuevo parámetro introducido en esta expresión es la llamada longitud de Monin-Obukhov L :

$$L = \frac{T_0}{\kappa g} \frac{c_p u_*^3}{H_0} \quad (8.4)$$

en donde T_0 y H_0 son la temperatura absoluta y el flujo de calor en superficie respectivamente, c_p es el calor específico del aire a presión constante, g es la aceleración de la gravedad y las magnitudes restantes se definirán seguidamente. La inclusión del efecto del flujo de calor en el presente modelo se describe en la sección 8.2.

La ley de resistencia aerodinámica geostrófica y el viento geostrófico

Los vientos en la capa fronteriza de la atmósfera puede considerarse que nacen de las diferencias de presión causadas principalmente por actividad “sinóptica”, es decir, el paso de sistemas de alta y baja presión. Debido a que la estructura de la capa fronteriza tiene una respuesta rápida a los cambios de presión, se forma un balance aproximado entre el gradiente de las fuerzas de presión y la fuerza de rozamiento en la superficie terrestre. Este balance puede explicarse teóricamente bajo condiciones ideales estacionarias, homogéneas y barotrópicas (gradiente de presión constante en todo el espesor de la capa fronteriza). Rossby y Montgomery (1935) describieron este balance para una situación de estabilidad neutra. El resultado se suele expresar como una relación – llamada ley de resistencia aerodinámica geostrófica – entre la velocidad de rozamiento en la superficie u_* y el llamado viento geostrófico G :

$$G = \frac{u_*}{\kappa} \sqrt{\left(\ln\left(\frac{u_*}{f z_0}\right) - A\right)^2 + B^2} \quad (8.5)$$

$$\sin \alpha = -\frac{B u_*}{\kappa G}$$

en la que α es el ángulo entre los vientos superficiales y el viento geostrófico, f es el parámetro de Coriolis y A y B son constantes empíricas (aquí $A = 1.8$, $B = 4.5$). El viento geostrófico puede calcularse a partir del gradiente de presión en superficie y tiene frecuentemente un valor muy parecido al de la velocidad del viento observado con radiosondas por encima de la capa fronteriza. La ley de resistencia aerodinámica geostrófica es válida también para estratificación no neutra, si se toma a las constantes A y B como funciones del parámetro de estabilidad μ definido como:

$$\mu = \frac{\kappa u_*}{f L} \quad (8.6)$$

8.2 El modelo para estratificación estable

Las modificaciones que la estabilidad ocasiona en el perfil logarítmico vertical del viento, frecuentemente no se consideran cuando se trata de energía eólica, y eso es debido a la relativa poca importancia que tienen en este campo los valores bajos de la velocidad del viento. El modelo estudia estas modificaciones considerando que son pequeñas perturbaciones alrededor de una estratificación neutra.

Con el fin de evaluar de una forma aproximada los cambios provocados por las variaciones del flujo de calor en superficie sin necesidad de formar para cada caso particular un modelo para el perfil vertical de viento, se ha escogido una fórmula simplificada que sólo requiere, para cada caso, los valores medios del clima y la raíz cuadrática media del flujo de calor en superficie.

El modelo se deduce de la ley de la resistencia aerodinámica geostrófica y del perfil vertical del viento, a base de expresar el estado de estratificación de la atmósfera como una expansión de primer orden de un estado neutro debida al flujo de calor en superficie. La diferencial de la Ec. 8.5 es (manteniendo constantes G , z_0 y f):

$$dG = 0 = \frac{du_*}{u_*} G - \frac{u_*^2}{\kappa^2 G} \left[\left(\ln \frac{u_*}{f z_0} - A(\mu) \right) \left(\frac{du_*}{u_*} - \frac{dA}{d\mu} d\mu \right) + B \frac{dB}{d\mu} d\mu \right] \quad (8.7)$$

De las Eqs. 8.5 y 8.4, junto con los valores de los distintos coeficientes en el caso de neutra estratificación

$$\begin{aligned} A(0) &\approx 1.8 & B(0) &\approx 4.5 \\ \frac{dA}{d\mu} &\approx -0.2 & \frac{dB}{d\mu} &\approx +0.2 \end{aligned}$$

y, despreciando los términos pequeños, se encuentra la relación:

$$\frac{du_*}{u_*} \simeq \left[\frac{cg}{f T_0 c_p \rho G^2} \right] dH \quad (8.8)$$

con la constante $c \approx 2.5$. Esta ecuación nos da la desviación del valor neutro de u_* a partir del valor medio del flujo de calor en superficie dH , y sirve también para evaluar la raíz cuadrática media de las fluctuaciones de u_* a partir de la raíz cuadrática media del flujo de calor en superficie para dH . Se toma para el viento geostrófico G el valor para el que la distribución frecuencial de la velocidad del viento tiene un máximo de densidad de energía, ver Sección 8.6.

La diferencial del perfil vertical del viento, Ec. 8.3, es:

$$du(z) = \frac{du_*}{\kappa} (\ln(z/z_0) - \psi(z/L)) - \frac{u_*}{\kappa} \frac{d\psi}{dL} \frac{dL}{dH} dH \quad (8.9)$$

Introduciendo, como en el caso anterior, los valores de los coeficientes para condiciones de neutra estratificación, y usando la Ec. 8.8, se obtiene una expresión para una altura z_m sobre el suelo en donde los efectos de primer orden de las modulaciones del flujo de calor en superficie desaparecen y, a consecuencia de ello, hay un mínimo en la variación de la velocidad del viento. De $du(z_m) = 0$ resulta, viz.

$$\frac{z_m}{\ln(z_m/z_0)} = \left(\frac{c}{a\kappa}\right) \frac{u_*^3}{fG^2} \quad (8.10)$$

en donde el nuevo valor para la constante a es la pendiente de la función ψ respecto al caso neutro, con un valor entre 4 y 5 que depende de si se toma la expresión para estabilidad o inestabilidad. Usando la ley de resistencia aerodinámica neutra simplificada (Jensen et al.,1984):

$$\frac{u_{*0}}{G} = \frac{0.5}{\ln(Ro) - A(0)} \quad (8.11)$$

Una expresión más elegante para la Ec. 8.10 sería:

$$\frac{z_m/z_0}{\ln(z_m/z_0)} \approx \text{constante} \cdot Ro(\ln(Ro) - A(0))^{-3} \quad (8.12)$$

con valor de la constante ≈ 0.1 y en donde el número de Rossby en superficie se define como:

$$Ro = \frac{G}{fz_0} \quad (8.13)$$

Finalmente, la ecuación puede aproximarse a una expresión potencial:

$$z_m/z_0 \approx \alpha \cdot Ro^\beta \quad (8.14)$$

con las constantes $\alpha = 2.0 \cdot 10^{-3}$ y $\beta = 0.9$. Es interesante ver que la altura z_m es esencialmente constante a lo largo de grandes áreas debido a la débil dependencia con z_0 ($\sim z_0^{0.1}$ potencia), Esto no es cierto en la costa, en donde z_m en el mar es aproximadamente la mitad que en la tierra.

Los efectos de la estratificación no neutra se modelan a partir de sus efectos en el perfil vertical de los valores medios del viento y en su desviación típica, usando las expresiones anteriormente descritas.

La altura de la mínima desviación z_m se deduce de la Ec. 8.14. En esta altura, la desviación de la velocidad media con respecto al valor para el caso neutro, se expresa como la suma del efecto causado por el valor medio de las desviaciones del flujo de calor, ΔH_{off} , más un término de las variaciones del flujo de calor ΔH_{rms} :

$$\frac{\Delta u(z_m)}{u_0(z_m)} = \frac{\Delta u_*}{u_{*0}} - \frac{\psi(z_m/L_{off}) + \psi(z_m/L_{rms})}{\ln(z_m/z_0)} \quad (8.15)$$

en donde L_{off} es la longitud de Monin-Obukhov correspondiente a ΔH_{off} y L_{rms} corresponde a $F_{rms}\Delta H_{rms}$. El factor F_{rms} es un factor de forma, y su misión es la de compensar el hecho de que, debido a la diferente expresión de la función ψ para el caso estable e inestable, el promedio es favorable a las altas velocidades del viento a una altura z_m . Esto puede verse en las fórmulas explícitas que aquí se han usado (Jensen et al., 1984):

$$\psi(z/L) = \begin{cases} (1 - 16\frac{z}{L})^{1/4} - 1 & \text{para condiciones inestables} \\ -4.7\frac{z}{L} & \text{para condiciones estables} \end{cases} \quad (8.16)$$

La más mínima variación con z del perfil inestable, provoca que la media de la velocidad del viento a la altura z_m se desplace a la parte inestable, incluso en el caso en el que el valor medio del flujo de calor en superficie es nulo. (Fig. 8.1). El flujo eficaz de calor positivo se asume que se relaciona con el valor de la raíz cuadrática media mediante el factor F_{rms} . Aquí se toma el valor 0.6.

La variación vertical de la desviación relativa media de la velocidad media u y la desviación típica σ_u se especifican según la expresión:

$$u(z) = u_0(z) \left(1 + \frac{\Delta u(z_m)}{u_0(z_m)} (1 - f(z)) + \frac{\Delta u_{*off}}{u_{*0}} \right) \quad (8.17)$$

$$\sigma_u(z) = \sigma_{u0}(z) \left(1 + \frac{\Delta u_{*off}}{u_{*0}} |f(z)| \right) \quad (8.18)$$

en donde la función $f(z)$ se deriva de una expansión de primer orden del perfil de $u(z)$:

$$f(z) = 1 - \frac{z \ln(z_m/z_0)}{z_m \ln(z/z_0)} \quad (8.19)$$

Estas expresiones se usan en el análisis para calcular cuán contaminados están los datos iniciales debido a la estabilidad, y poder aplicar así la corrección contaminante necesaria al variar las alturas y las condiciones superficiales. En particular, una serie de medidas provenientes de una estación marítima puede usarse para estimar las condiciones de viento en tierra, siempre y cuando se tengan en cuenta las distintas condiciones de mar y tierra en los parámetros del flujo de calor.

Las áreas costeras se consideran como una zona intermedia entre mar y tierra. Esto se hace conociendo la distancia a la costa según la dirección de donde sopla el viento (x) y aplicando las correcciones de estabilidad pertenecientes a mar y tierra, ponderadas por un factor w definido como:

$$w = \frac{\min(x, c)}{c} \quad (8.20)$$

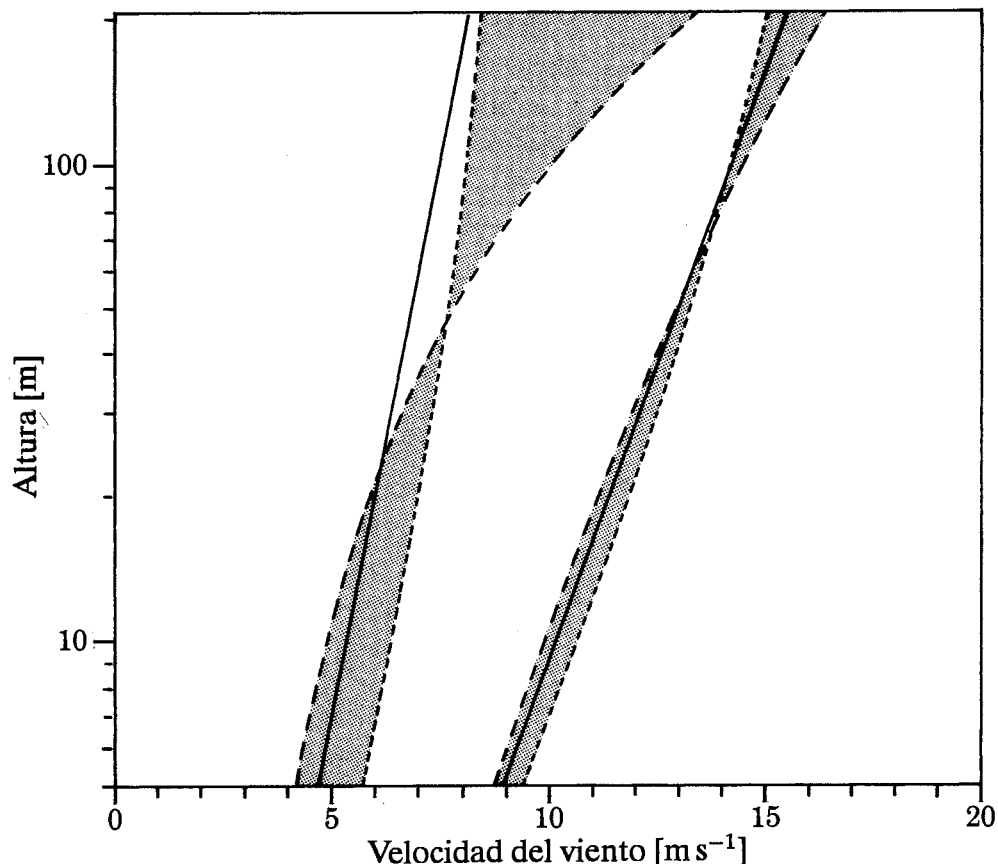


Figura 8.1. Características del perfil del viento: la parte izquierda del gráfico muestra una serie de perfiles de velocidad del viento (área sombreada) que corresponden a un valor constante de la velocidad del viento geostrófica de 10 m s^{-1} y un rango típico del flujo superficial de calor. La parte de la derecha del gráfico corresponde a $G = 20 \text{ m s}^{-1}$ para el mismo rango de flujo superficial de calor.

siendo c la anchura de la zona costera, que en este modelo se ha tomado 10 km . Una información más detallada de la aplicación de este modelo para estratificación estable se da en la Sección 8.7.

8.3 El modelo de cambio de rugosidad

El perfil logarítmico vertical de viento sólo es válido cuando el terreno en la dirección de donde sopla el viento es razonablemente homogéneo. Si esto no sucede, se observan desviaciones y no es posible asignar un único valor del parámetro de aspereza al terreno. Incluso en el caso de que se asignen por distintos métodos valores “eficaces” del parámetro de aspereza, estos valores van a depender de la altura de observación. Una excepción a eso es el parámetro de aspereza implícitamente definido en la ley de resistencia aerodinámica geostrófica.

Los valores medios de la tensión superficial y del viento en superficie dependen de las condiciones de la superficie, pero sólo a una cierta distancia a contra corriente; los obstáculos lejanos se “olvidan”, debido a la tendencia de la capa fronteriza de la atmósfera a encontrar un equilibrio entre las fuerzas del gradiente bórico y de rozamiento. La escala de distancias que puede afectar es proporcional al radio de Rossby G/f y es del orden de 10-100 km. Aquí se considera que, para evaluar el efecto sobre las funciones de distribución de la frecuencia eólica, distancias límites del orden de 10 km son suficientes. A partir de simples consideraciones en la capa superficial atmosférica y para el caso de pequeñas inhomogeneidades en el terreno, puede modelarse el cambio de tensión superficial cuando el viento sopla desde una superficie caracterizada por un parámetro de aspereza z_{01} a otra de parámetro z_{02} . En un caso así, se desarrolla una capa fronteriza interna (IBL) que crece con la corriente desde el cambio de rugosidad; si se considera un punto a una distancia x según la dirección del viento desde el cambio, la IBL ha crecido hasta una altura h dada por (Panofsky, 1973):

$$\frac{h}{z'_0} \left(\ln \frac{h}{z'_0} - 1 \right) = \text{constante} \cdot \frac{x}{z'_0} \quad (8.21)$$

$$z'_0 = \max(z_{01}, z_{02})$$

Por encima de esta altura h no se produce cambio alguno, mientras que por debajo de ella, el perfil ha cambiado. El valor para la constante es 0.9. Se ha comprobado empíricamente que el cambio de la velocidad de rozamiento en superficie queda bien definido por la expresión que sigue, la cuál proviene de la intersección de los dos perfiles verticales para el caso de neutra estratificación a la altura h :

$$\frac{u_{*2}}{u_{*1}} = \frac{\ln(h/z_{01})}{\ln(h/z_{02})} \quad (8.22)$$

en donde u_{*2} es la velocidad superficial de rozamiento al punto considerado y u_{*1} es la tensión superficial a contra corriente desde el cambio. El perfil vertical se modifica en la IBL y la velocidad superficial de rozamiento no puede calcularse a partir de velocidades del viento medidas usando el perfil logarítmico. Sin embargo, tanto la experiencia (Sempreviva et al., 1989) como resultados de modelos numéricos (Rao et al., 1974), muestran que el perfil vertical puede modelarse por tres partes logarítmicas:

$$u(z) = \begin{cases} u' \frac{\ln(z/z_{01})}{\ln(c_1 h/z_{01})} & \text{para } z \geq c_1 h \\ u'' + (u' - u'') \frac{\ln(z/c_2 h)}{\ln(c_1/c_2)} & \text{para } c_2 h \leq z \leq c_1 h \\ u'' \frac{\ln(z/z_{02})}{\ln(c_2 h/z_{02})} & \text{para } z \leq c_2 h \end{cases} \quad (8.23)$$

en donde $u' = (u_{*1}/\kappa) \ln(c_1 h/z_{01})$, $u'' = (u_{*2}/\kappa) \ln(c_2 h/z_{02})$ y $c_1 = 0.3$, $c_2 = 0.09$. Con esta ecuación y con la ayuda de la Ec. 8.22, la velocidad de rozamiento super-

ficial u_{*2} correspondiente a una medida de velocidad de viento dada, puede relacionarse con la velocidad de rozamiento a contra corriente de un cambio de rugosidad superficial. Para más cambios de rugosidad, puede aplicarse sucesivamente la Ec. 8.22, y puede así calcularse la velocidad de rozamiento superficial, a cualquier distancia a contra corriente. Sin embargo, los sucesivos cambios no pueden estar muy cerca los unos de los otros y por lo tanto, se aplica la siguiente norma. Si x_n es la distancia al n ésimo cambio de rugosidad superficial, entonces, la rugosidad corriente arriba debe calcularse como una media cubriendo una área desde la distancia x_n hasta $2x_n$ en el sector de azimut considerado. El factor 2 es arbitrario, y hay que cambiarlo en los casos en que exista una clara frontera de rugosidad, por ejemplo, en una línea de costa.

A medida que nos alejamos a contra corriente, el modelo descrito para el cambio de rugosidad dará valores erróneos, y eso es debido a que no se ha tenido en cuenta la tendencia, ya mencionada, de la capa fronteriza atmosférica hacia un estado de equilibrio. Como en el caso de la corrección para la estratificación estable, se considera que estas diferencias son pequeñas perturbaciones y se construye un modelo simple considerando el comportamiento asintótico: Las condiciones superficiales a grandes distancias a contra corriente, deben perder importancia a medida que x/D crece, en donde D es la distancia escogida para el equilibrio (en este caso 10 km) y también, las relaciones precedentes en la capa superficial atmosférica deben ser válidas para $x \ll D$. Este comportamiento se obtiene ponderando los cambios de rugosidad por un factor W_n :

$$W_n = \exp\left(-\frac{x_n}{D}\right) \quad (8.24)$$

En vez de considerar un cambio desde z_{0n} a z_{0n+1} a una distancia x_n , el valor $\ln(z_{0n}) + W_n \ln(z_{0n+1}/z_{0n})$ sustituye al de $\ln(z_{0n+1})$. Aplicando esta ponderación sucesivamente, se obtiene un valor para la velocidad superficial de rozamiento a gran distancia en la dirección de donde sopla el viento junto con un valor de la rugosidad de la superficie de equilibrio, a los que puede aplicarse la ley de resistencia aerodinámica geostrófica.

8.4 El modelo de resguardo

El rozamiento en la superficie del suelo lo provocan todo tipo de obstáculos aposentados en la superficie, que van desde granos de arena, hierba, hojas, etc... hasta árboles y edificios. Su efecto global se modela a partir del parámetro de aspereza superficial como se vió en el Capítulo 3 y en las secciones anteriores. En la proximidad de un obstáculo concreto, en donde por proximidad se entiende una distancia y una altura comparables a la altura del obstáculo, el perfil del viento se modifica, sobretodo en la estela que sigue la corriente y, entonces hay que tratar al objeto separadamente. En la estela inmediata a un obstáculo abrupto, como una fila de árboles o una casa (a una distancia menor que cinco veces la altura del objeto en la

dirección de la corriente y a una altura menor que el doble de la del objeto) los detalles del objeto tienen una influencia importantísima. Por ejemplo, la estela después de un edificio depende de la geometría de la cubierta y del ángulo de incidencia del viento, por citar dos parámetros. Y además, puede también interferir con estelas provenientes de otros obstáculos vecinos, y eso complica las cosas.

La principal razón por la que se menciona aquí este problema, es que algunas de las series de datos que se usan en este estudio han sido medidas en estaciones meteorológicas en las que el viento llega influenciado por obstáculos cercanos. En cuanto a la utilización del Atlas Eólico para la decisión del emplazamiento de un aerogenerador se refiere, el problema en este caso es generalmente pequeño.

Después de estas aclaraciones, el modelo del resguardo construido para el análisis, debe ser visto como una herramienta de trabajo para corregir las medidas del viento de los obstáculos individuales, lo suficientemente lejanos como para poder considerar que las perturbaciones son pequeñas y evitar complejidades en las estelas cercanas.

Para obstáculos bidimensionales y semiinfinitos tales como largas hileras de árboles, muros o setos, se usan las expresiones dadas por Perera (1981), obtenidas de un estudio en un túnel de viento:

$$\frac{\Delta u}{u} = 9.8 \left(\frac{z_a}{h} \right)^{0.14} \frac{x}{h} (1 - P) \eta \exp(-0.67\eta^{1.5}) \quad (8.25)$$

donde

$$\eta = \frac{z_a}{h} \left(\frac{0.32}{\ln(h/z_0)} \cdot \frac{x}{h} \right)^{-0.47} \quad (8.26)$$

y

- P = porosidad = área libre/área total
- h = altura del obstáculo
- z_a = altura considerada (anemómetro)
- x = distancia en la dirección de la corriente

Para obstáculos de longitud finita y viento de incidencia oblicua, el efecto resguardante de un obstáculo será, en general, distinto. En el Capítulo 3 se indicaron ya unas líneas generales; no obstante, el modelo realmente utilizado en el análisis es ligeramente más refinado.

Se trazan líneas o rayos con origen en el punto a estudiar y se anotan las distancias a los distintos objetos y la altura de intersección entre estos y las líneas trazadas. Si un único rayo se cruza con varios objetos, en principio se trata a cada uno de ellos como a un obstáculo aislado de longitud semiinfinita. Empezando por el más lejano, se calcula siguiendo la corriente, el efecto protector que cada uno de ellos ejerce. Si los obstáculos están tan cerca entre ellos que las zonas de separación se juntan, el efecto protector en la dirección de la corriente se reduce por el área relativa que, el siguiente obstáculo con el que topa el viento, ocupa de la zona de separación con el obstáculo inmediatamente superado por este.

Se entiende por zona de separación de un obstáculo bidimensional, según la dirección de donde sopla el viento, al área limitada por la recta que va desde la parte superior del obstáculo hasta el suelo a una distancia igual al doble de la altura del objeto. Igualmente, según la dirección hacia donde sopla el viento, a una distancia cinco veces la altura del objeto.

Después de este cálculo del efecto resguardante que la secuencia de obstáculos ejerce en el punto considerado, se calcula el efecto global mezclando el de todos los rayos. Eso se hace para modelar el déficit de mezcla de momento en la cola de la estela. Finalmente, el valor medio de este efecto resguardante se calcula en todo el sector de azimut, sumando el valor obtenido para cada rayo de este mismo sector. En nuestro caso, se han usado ocho rayos para cada sector de 30° de azimut, con una anchura de sector de 12°.

8.5 El modelo orográfico

Al igual que los modelos de cambio de rugosidad y de resguardo, el modelo orográfico se usa para corregir los datos del viento de las inhomogeneidades del terreno circundante; en este caso se trata de diferencias en altura del terreno alrededor de las estaciones meteorológicas. Nos interesa, por encima de todo, el efecto producido por las ondulaciones del terreno con escalas horizontales del orden de decenas de kilómetros y, de hecho, éste es el fin por el que se desarrolló el modelo. Tiene un gran parecido con la familia de modelos de MS3DJH basados en el análisis de la corriente a través de colinas, de Jackson y Hunt (1975). Los lectores que quieran familiarizarse con estos modelos deberán consultar los escritos de Walmsley et al.(1982), Troen y de Baas (1987). El modelo es distinto, sin embargo, en unos cuantos aspectos, los más importantes de los cuales son la alta resolución y la representación polar.

La primera fase del modelo es el cálculo de la perturbación de la corriente potencial inducida por el terreno y correspondiente a un vector de viento unitario en la dirección no distorsionada del viento. Esto se enuncia: la perturbación de la velocidad se relaciona con el potencial por:

$$\vec{u} = \nabla\chi \quad (8.27)$$

en donde χ es el potencial y \vec{u} el vector tridimensional de las perturbaciones de la velocidad $\vec{u} = (u, v, w)$.

Si se asume que el potencial desaparece para un radio dado R , una solución general al problema de la corriente potencial en coordenadas polares se puede expresar de la forma:

$$\chi_j = K_{nj} J_n \left(c_j^n \frac{r}{R} \right) \exp(in\phi) \exp \left(-c_j^n \frac{z}{R} \right) \quad (8.28)$$

en donde K_{nj} son coeficientes arbitrarios, J_n es la función de Bessel de orden n ésimo, r el radio, ϕ azimut, z altura, y c_j^n es el i ésimo cero de J_n . Para un caso concreto, los coeficientes se determinan mediante las condiciones de contorno, que aquí son las condiciones cinemáticas de contorno en la superficie:

$$w_0 = \left. \frac{\partial \chi}{\partial z} \right|_{z=0} = \vec{u}_0 \cdot \nabla h(r, \phi) \quad (8.29)$$

en donde w_0 es la velocidad vertical inducida por el terreno, \vec{u}_0 el vector velocidad no perturbado y h la altura del terreno. Las funciones $J_n(c_j^n \frac{r}{R})$ forman un conjunto ortogonal de funciones radiales (series de Fourier-Bessel) para cada n , y los términos del azimut $\exp(in\phi)$ forman a su vez un conjunto ortogonal (series de Fourier). Los coeficientes K_{nj} pueden, por lo tanto, calcularse independientemente si la parte de la derecha de la Ec. 8.29 se proyecta en el espacio del que estas funciones son base. Los detalles matemáticos de estas transformaciones se describen en Oberhettinger (1973).

La representación polar tiene grandes ventajas si se compara con la cartesiana, usada en los modelos mencionados anteriormente, siempre que se mantengan las ventajas de la descomposición espectral. Haciendo coincidir el centro del modelo con nuestro punto de interés, es posible concentrar ahí la resolución del modelo y también restringir los cálculos de la perturbación en este punto. Para el punto central $r = 0$, se encuentra la solución siguiente:

$$\nabla \chi_j = \frac{1}{2}(1, i)K_{1j} \frac{c_j^1}{R} \exp\left(-c_j^1 \frac{z}{R}\right) \quad (8.30)$$

Así pues, el resultado final de la primera fase de este modelo es una serie de coeficientes K_{1j} , a partir de los cuáles, la solución a la perturbación de la corriente potencial se da como una suma de términos fijados por la Ec. 8.30. Cada término tiene asociada una escala horizontal $L_j = R/c_j^1$, que es también la profundidad característica a la que la perturbación penetra.

La segunda fase del modelo consiste en modificar la solución de la corriente potencial con el fin de adaptarla a los efectos del rozamiento en superficie.

La corriente potencial implica un balance entre la fuerza bórica y la advección de momento en las ecuaciones del momento, con lo que la transferencia de momento debida a la turbulencia desaparece. Cerca del suelo, la transmisión de turbulencia no puede despreciarse. La desviación al comportamiento de corriente potencial se limita a una capa cuyo grosor es del orden ℓ_j con $\ell_j \ll L_j$. En el presente modelo, el valor de ℓ_j se deduce siguiendo las teorías de Jensen et al. (1984), en donde:

$$\ell_j = 0.3 \cdot z_{0j} \left(\frac{L_j}{z_{0j}} \right)^{0.67} \quad (8.31)$$

siendo z_0 el parámetro de aspereza superficial en la escala considerada. En el caso de terreno homogéneo, $z_{0j} = z_0$. Para terrenos no homogéneos, el parámetro de aspereza superficial se toma como una media exponencialmente ponderada desde $r = 0$ hasta $r = 5L_j$ en la dirección a contra viento (ponderando $\ln(z_0)$).

Para alturas mucho más pequeñas que ℓ_j , la transmisión de turbulencia provoca un balance entre la tensión y la cizalladura, llevando a la perturbación de la velocidad a un perfil vertical logarítmico. Para alturas del orden de ℓ_j la perturbación de la corriente tiene un máximo, y es un valor superior al previsto por la corriente potencial. En este modelo, el perfil de la perturbación se modela para cada término en la anterior expansión, asignando una perturbación a la altura z de magnitud Δu_j :

$$\frac{\Delta \vec{u}_j(z)}{|u_0(z)|} = \frac{|u_0(L_j)|^2}{|u_0(z'_j)|^2} \nabla \chi_j \quad (8.32)$$

en donde $u_0(z)$ es la velocidad en el estado no perturbado a la altura z y z'_j es igual al $\max(z, \ell_j)$.

El cálculo de los coeficientes K_{1j} , a partir de su proyección, incluye integraciones numéricas del azimut y el radio. Esto se hace en una red, como se muestra en la Fig. 8.2. El tamaño radial de la red es más pequeño en el centro y aumenta hacia afuera por un factor constante ($= 1.06$) para cada célula de la red. En principio, los datos de entrada son la altura del terreno para cada punto de la red, pero una representación más idónea de la altura del terreno es a partir de las curvas de nivel (líneas de altura constante) como se hace en los mapas topográficos de referencia. Por consiguiente, el modelo se diseñó para aceptar directamente como entrada curvas de nivel arbitrariamente escogidas y juntar en un mismo proceso, la estimación de los valores en los distintos puntos de la red y las integraciones numéricas. La red consiste en 100 estaciones radiales y la resolución que resulta en el centro es de unos 2 m (!) para un modelo con $R = 10$ km, y aproximadamente 10 m si $R = 50$ km, etc. La resolución en teoría viene sólo limitada por el detalle y la densidad de los datos del contorno en los mapas topográficos.

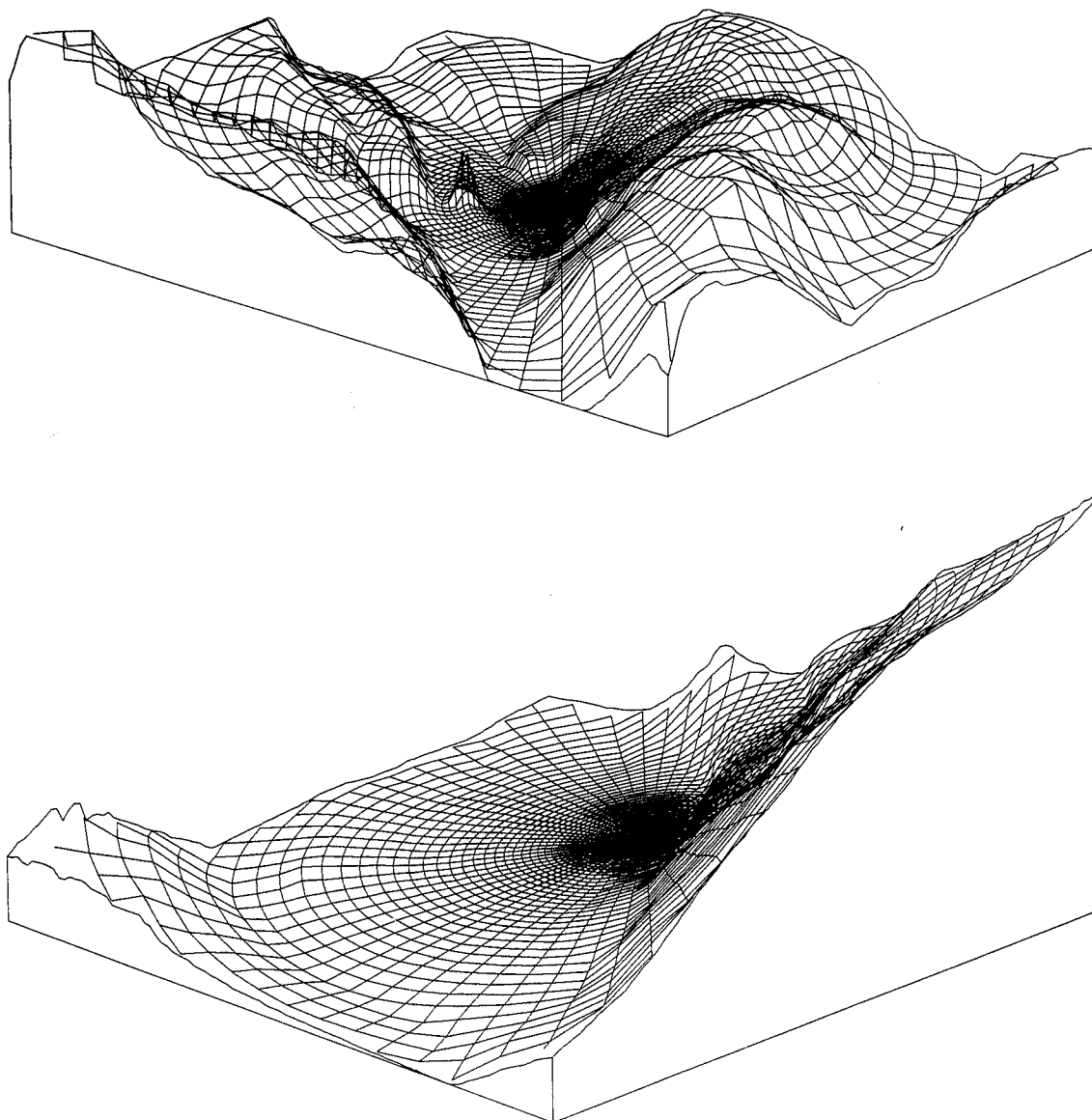


Figura 8.2. La "zooming" red polar usada en el modelo para el cálculo del flujo en terreno complejo. La figura muestra parte del Great Glenn Valley en Escocia, vista desde un punto encima del Lago Ness. La red se superpone en el terreno y está centrada en la Estación Meteorológica de Fort Augustus. La largada horizontal de la figura superior es de 12 km y en la inferior sólo de 2 km. La escala vertical se ha exagerado por un factor 5.

8.6 La base estadística

Conceptos básicos

Tanto la observación como la medida del viento en cualquier lugar muestran que, la velocidad y la dirección del viento varían ambas rápidamente con el tiempo, tal y como puede verse en la Fig. 8.3. La velocidad medida ininterrumpidamente durante 100 días es lo que se muestra en la primera gráfica, seguida de otras gráficas que, secuencialmente, van penetrando en períodos más y más pequeños de la serie. Es fácil ver que la varianza en las series de período largo es mayor que la varianza en las series de período corto. Esta diferenciación de la varianza para distintas escalas temporales puede observarse en la potencia espectral en la Fig. 8.4.

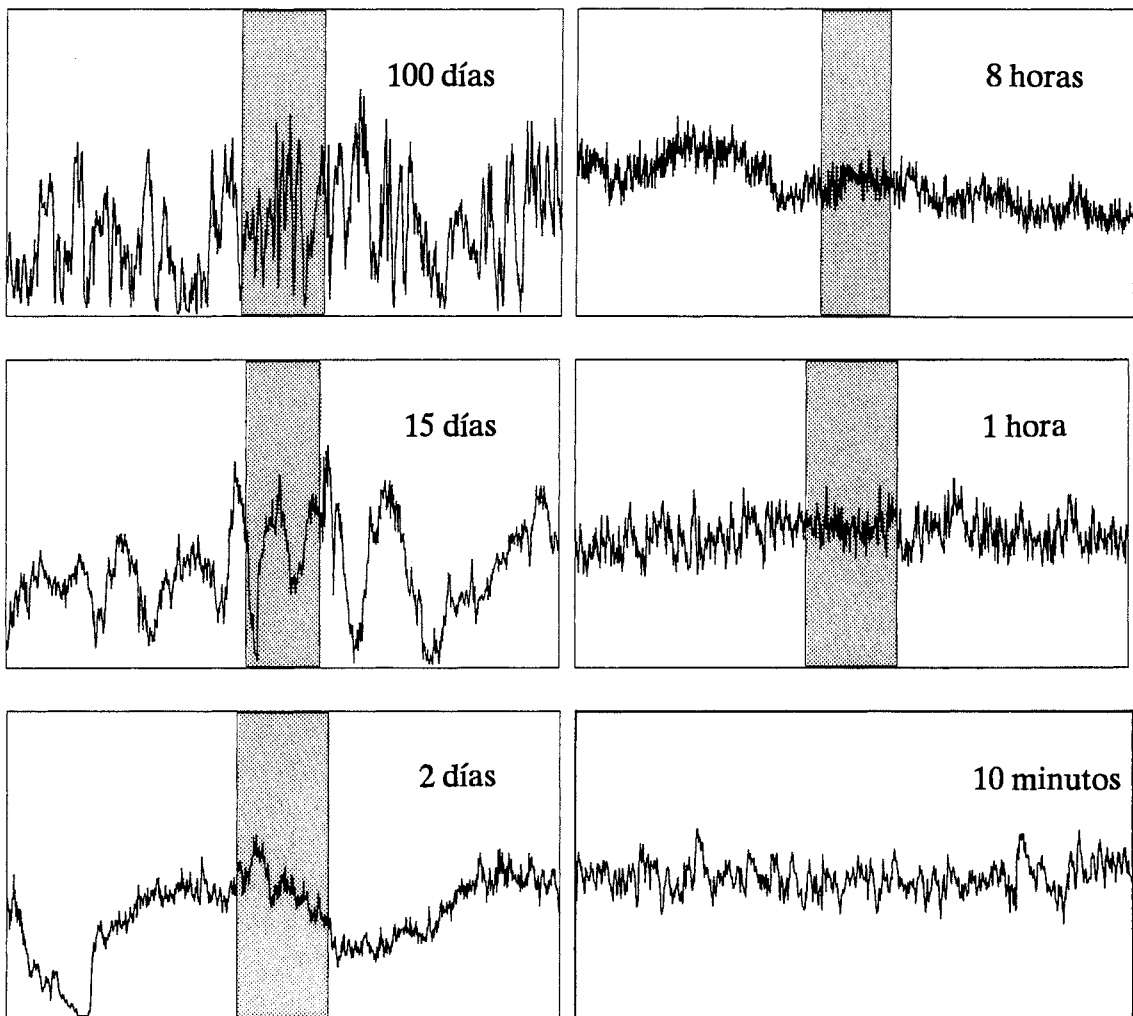


Figura 8.3. Velocidad del viento medida a 30 m. por encima de un terreno llano y homogéneo en Dinamarca (Courtney, 1988). Cada gráfica muestra la velocidad del viento medida a lo largo del período de tiempo indicado. El número de datos en cada gráfica es de 1200, y cada uno de ellos corresponde a la velocidad promediada a lo largo de un 1/1200 del período total. El eje vertical es velocidad del viento, 0–20 m s⁻¹.

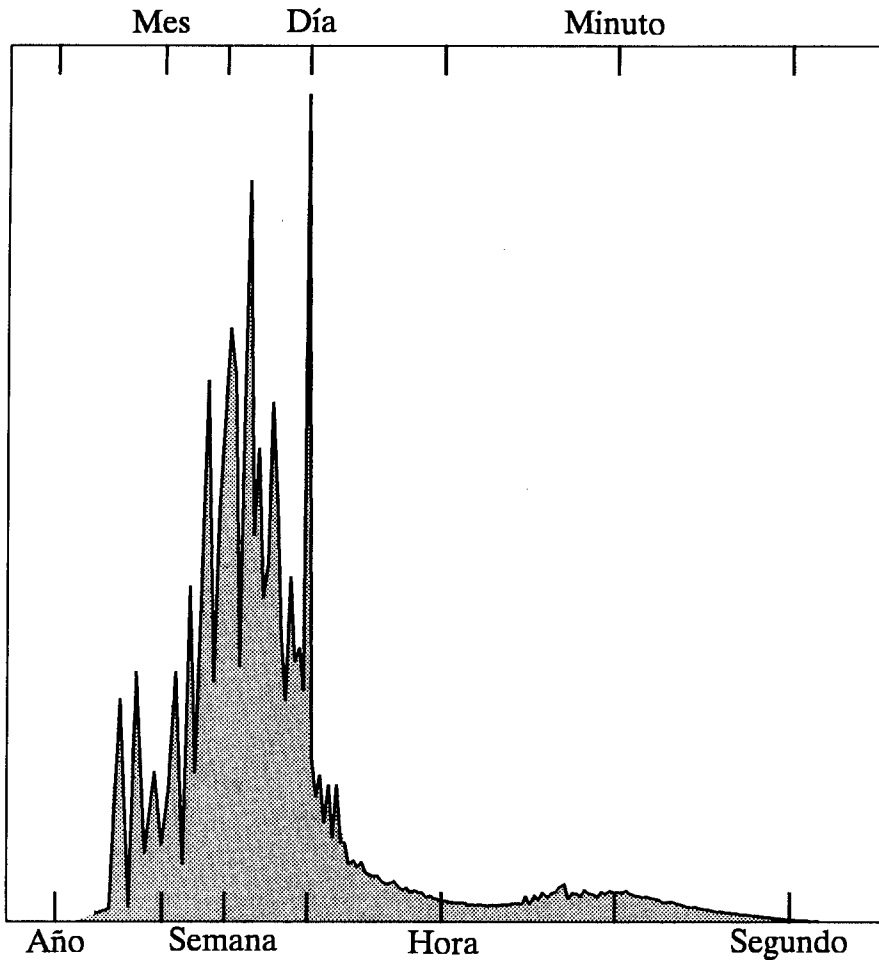


Figura 8.4. Potencia espectral de la velocidad del viento medida ininterrumpidamente por encima de un terreno plano y homogéneo (Courtney, 1988). Los datos fueron recogidos durante un año con una frecuencia de muestreo de 8 Hz. El espectro se representa en una escala logarítmica/lineal, con lo que el área es representativa.

Los mecanismos causantes de que el viento sople son, contrariamente al viento, de variación muy lenta con el tiempo – de la misma forma que lo hace el tiempo meteorológico. Además del cambio rápido en un punto dado, la velocidad y la dirección del viento cambian de punto a punto en cualquier instante. La causa de estas variaciones en el viento está en la turbulencia de la capa fronteriza de la atmósfera. Para definirlo de forma significativa, una velocidad de viento debe referenciarse a un período de promediado T . Teóricamente, las medidas deberían estar tomadas con un instrumento de respuesta rápida y, mediante la siguiente integración, buscar el promedio:

$$\bar{u} = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) dt \quad (8.33)$$

en donde el valor medio de u se indica con una barra superior (esta notación se usa aquí, sólo en esta sección del Atlas Eólico, para mayor claridad).

En la práctica, debido a los distintos instrumentos y sus distintas maneras de reducir los datos y guardarlos, los períodos de promediado varían desde unos pocos minutos hasta horas. Los datos que se usan en el Atlas Eólico corresponden la mayoría de ellos a períodos de 10 minutos o de 1 hora. Cada observación en estas series de datos, nos da un valor de \bar{u} y la mayor parte de este libro trata de las estadísticas de estos promedios, principalmente en forma de tablas de frecuencia de aparición y de distribuciones de Weibull, tal y como se expone en la sección siguiente.

Los datos no dan información de las fluctuaciones del viento en períodos más cortos que el de promediado T . Pero, estas rápidas fluctuaciones turbulentas contribuyen también a la densidad de energía eólica teórica, y por consiguiente tienen que tenerse en cuenta cuando se aplican los datos para estimar el potencial de energía eólica. La densidad de energía eólica disponible a lo largo de un período T viene dada por:

$$\bar{E} = \overline{\frac{1}{2}\rho u^3} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{T} \int_0^T \rho u^3(t) dt \quad (8.34)$$

En esta ecuación, puede tomarse la densidad del aire como constante, y esto representa un error de un poco por ciento. Así la Ec. 8.34 se transforma:

$$\bar{E} = \frac{1}{2}\rho\bar{u}^3 \quad (8.35)$$

La velocidad instantánea del viento puede escribirse como un valor medio más una desviación a partir de la media:

$$u = \bar{u} + u' \quad (8.36)$$

con lo que, después de ciertos cálculos se obtiene:

$$\begin{aligned} \overline{u'} &= 0 \\ \overline{u'^2} &= \overline{u^2} - \bar{u}^2 \\ \overline{u'^3} &= \overline{u^3} + \overline{u'^3} + 3\overline{u'^2\bar{u}} \end{aligned} \quad (8.37)$$

Denotando al valor de la raíz cuadrática media de las fluctuaciones turbulentas por σ_u y a la intensidad de la turbulencia por i , se puede escribir:

$$\begin{aligned} \sigma_u^2 &\equiv \overline{u'^2} \\ i &\equiv \frac{\sigma_u}{\bar{u}} \\ \bar{E} &\approx \frac{1}{2}\rho\bar{u}^3(1 + 3i^2) \end{aligned} \quad (8.38)$$

La distribución frecuencial de \bar{u} determina la de \bar{E} , excepto por un factor $3i^2$. La intensidad de turbulencia depende de las condiciones superficiales y de la altura. En el caso de rugosidad superficial homogénea y condiciones neutras, se encuentra la relación:

$$i = \frac{1}{\ln(z/z_0)} \quad (8.39)$$

El término de corrección en la Ec. 8.38 tiene típicamente un valor de un poco por ciento (6% para $z = 30$ m y $z_0 = 0.03$ m).

Es importante remarcar, sin embargo, que este resultado afecta a la densidad de energía en un único punto, y que la extracción de esta energía por un aerogenerador engloba el efecto de todos los vientos que, simultáneamente, inciden en el disco entero del rotor, como se mencionó en la Sección 6.1. Este estudio no incluye una evaluación más detallada del efecto que las fluctuaciones turbulentas producen en la producción de energía de un aerogenerador, así como tampoco se comentarán aspectos más dependientes del diseño de la máquina.

La distribución de Weibull

Para exponer los datos de viento, se usa la distribución de Weibull (Weibull, 1951) como un método para representar la distribución frecuencial de la velocidad del viento de una forma compacta. La función de densidad de la distribución bi-paramétrica de Weibull se expresa como:

$$f(u) = \frac{k}{A} \left(\frac{u}{A}\right)^{k-1} \exp\left(-\left(\frac{u}{A}\right)^k\right) \quad (8.40)$$

en donde $f(u)$ es la frecuencia con que se da la velocidad del viento u (como en el resto del Atlas Eólico, con la excepción de la anterior sección, no se escribe \bar{u} explícitamente cuando se trata del valor medio). Los dos parámetros de Weibull ya introducidos, se conocen generalmente como el parámetro de escala A y el parámetro de forma k . En la Fig. 8.5 puede observarse como el parámetro de forma influencia en el aspecto de $f(u)$. Para $k > 1$, el máximo (valor modal) se encuentra para valores de $u > 0$, mientras que la función decrece monótonamente para $0 < k \leq 1$.

La distribución de Weibull puede degenerar a dos distribuciones especiales, llamadas distribución exponencial cuando $k = 1$ y distribución de Rayleigh para $k = 2$. A menudo, es ésta última la distribución que se usa para representar los datos de viento, debido a la concordancia observada entre ésta y la distribución frecuencial de datos reales de viento; aquí, sin embargo, se usa la distribución de Weibull más general, la biparamétrica. El estudio del valor del parámetro k en estaciones individuales del Atlas, muestra que, especialmente en países del Norte de Europa, este valor es cercano a 2.0.

La función acumulativa de la distribución de Weibull $F(u)$ da la probabilidad de que la velocidad del viento sea superior al valor u y se expresa como:

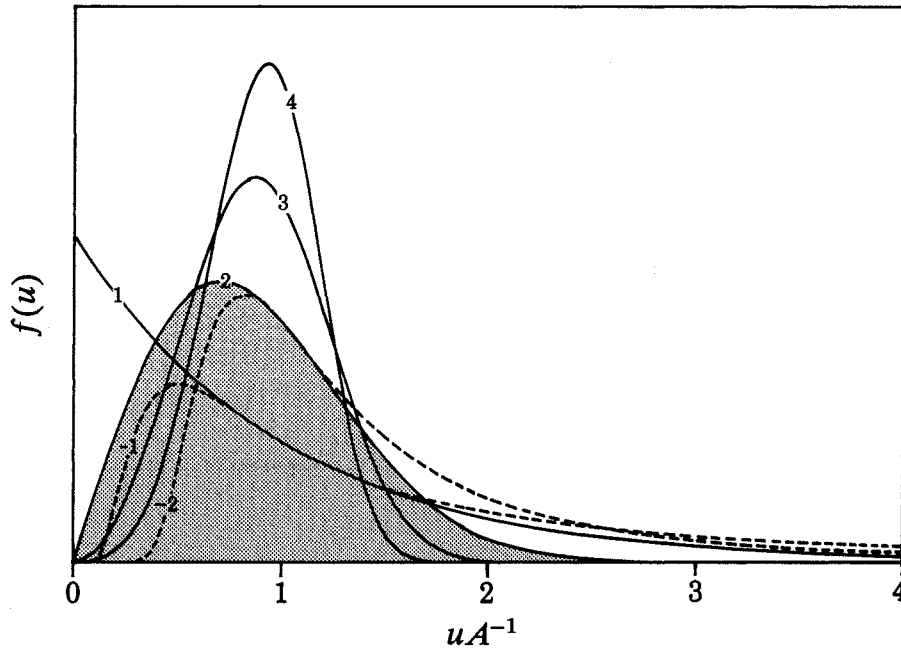


Figura 8.5. Aspecto de la función de densidad de la distribución de Weibull para distintos valores del parámetro de forma k

$$F(u) = \exp\left(-\left(\frac{u}{A}\right)^k\right) \quad (8.41)$$

La distribución de Weibull genera distribuciones de Weibull de potencias superiores: si la distribución de u sigue la función de Weibull con parámetros A y k , entonces u^m sigue la misma función pero con los parámetros A^m y k/m .

Los momentos y otras características importantes de la distribución de Weibull son fáciles de obtener; he aquí una lista de las características más comunes que más tarde se van a utilizar:

$$\text{valor medio: } A\Gamma\left(1 + \frac{1}{k}\right)$$

$$\text{valor cuadrático medio: } A^2\Gamma\left(1 + \frac{2}{k}\right)$$

$$\text{valor cúbico medio: } A^3\Gamma\left(1 + \frac{3}{k}\right)$$

$$\text{valor potencial de orden } m \text{ medio: } A^m\Gamma\left(1 + \frac{m}{k}\right) \quad (8.42)$$

$$\text{varianza: } A^2\left[\Gamma\left(1 + \frac{2}{k}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{k}\right)\right]$$

$$\text{valor modal: } A\left(\frac{k-1}{k}\right)^{1/k}$$

$$\text{mediana: } A(\ln 2)^{1/k}$$

La densidad de potencia eólica disponible es proporcional al valor cúbico medio de la velocidad del viento:

$$E = \frac{1}{2} \rho A^3 \Gamma \left(1 + \frac{3}{k} \right) \quad (8.43)$$

en donde E es la densidad de potencia (Wm^{-2}), ρ es la densidad del aire ($\approx 1.2 \text{ kg m}^{-3}$ para una temperatura de 15°C y una presión de referencia de 1013 mb).

La velocidad del viento a la que la densidad de potencia aprovechable es máxima, viene dada por:

$$u_m = A \left(\frac{k+2}{k} \right)^{1/k} \quad (8.44)$$

Así, para el caso de la distribución de Rayleigh, la velocidad del viento que contiene la mayor cantidad de energía en el promedio es el doble de la velocidad más frecuente (valor modal).

Varios métodos distintos pueden usarse para ajustar los dos parámetros de la distribución de Weibull a un histograma, dando la frecuencia de aparición de la velocidad del viento en un número de intervalos. Si los datos observados están bien representados por la distribución de Weibull a lo largo de todo el rango de velocidades, entonces el proceso de ajuste puede considerarse bueno. Pero, en general, los histogramas observados muestran desviaciones debidas a un gran número de causas, y se tendrá que escoger un proceso de ajuste que se centre en el rango de velocidades más relevantes para la aplicación. Aquí, la importancia está en las velocidades más altas del viento y un método de ajuste de momentos es el que se usa, centrándose en las velocidades más altas pero no en las extremas.

Para cada sector de azimut, los dos parámetros de Weibull se determinan bajo las siguientes condiciones: 1) la energía eólica total en la distribución ajustada de Weibull y en la distribución observada, deben ser iguales, y 2) las frecuencias con que se dan las velocidades del viento superiores a la media observada, son las mismas para las dos distribuciones. La combinación de estas dos condiciones conduce a una ecuación que depende sólo de k , la cuál se puede resolver con un algoritmo patrón de búsqueda de raíz.

La mayoría de las dificultades en el ajuste de los datos observados se deben a las velocidades muy bajas y a las muy altas. Las velocidades más altas, en la gran mayoría de los casos, son estadísticamente inciertas y se necesitan métodos especiales para poder analizar estos casos extremos de viento (ver Gumbel, 1958). Este análisis no se incluye en el Atlas, y las distribuciones de Weibull que aquí se dan, no deben usarse para estimar frecuencias de aparición inferiores a 0.01.

Para bajas velocidades, las limitaciones de respuesta de los instrumentos, la recogida práctica de datos y su truncación pueden llevar a importantes errores en la frecuen-

cia de aparición. Muchas veces estos errores incrementan de una forma anormal el número de calmas. Para las aplicaciones en el campo de la energía eólica, la forma exacta de la curva de frecuencias para velocidades del viento inferiores a la media poco nos importa, y este método de ajuste ha sido diseñado teniendo esto presente. Tenemos que remarcar que las estaciones meteorológicas con velocidades medias del viento de alrededor de $\approx 3 \text{ m s}^{-1}$ o menos, situadas en lugares de considerable clima ventoso, pero fuertemente resguardadas, dan un clima eólico regional erróneo debido a estas dificultades. Además, los modelos físicos usados en este análisis son deficientes para velocidades bajas del viento.

El método de ajuste descrito anteriormente se usa para estimar los parámetros de Weibull para cada uno de los sectores de azimut observados y ajustados por sectores a la distribución de frecuencias derivada de (o transformada por) el modelo. Los parámetros que pertenecen a la distribución del viento total asociada o lo que es lo mismo, a la distribución del viento independiente del azimut, se obtienen de la distribución ajustada por sectores a la suma del primer y tercer momento.

8.7 El modelo de análisis del Atlas Eólico

El modelo está compuesto de los submodelos descritos en las secciones anteriores. Usando los datos de viento medidos, las descripciones de las rugosidades del terreno local, los obstáculos resguardantes y los datos de altura en la topografía, puede calcularse una climatología eólica regional en forma de parámetros de Weibull pertenecientes a las condiciones de referencia. Las estadísticas del Capítulo 7 presentan, en las hojas de la izquierda los datos de entrada que el modelo requiere y, en las de la derecha, los resultados que se obtienen. Una representación esquemática del modelo de análisis se muestra en Fig. 8.6.

El proceso de cálculo puede resumirse de la siguiente forma: los datos de entrada están en forma de histogramas para cada uno de los doce sectores de azimut, dando las frecuencias de aparición de las velocidades del viento, en intervalos de 1 m s^{-1} . Se empieza por calcular, para cada sector de azimut, los factores de corrección independientes de la velocidad del viento. Consideramos tres tipos distintos de factores:

- Los factores de corrección de obstáculo, calculados con el modelo de resguardo, simbolizados aquí por C_{obs}^j en el sector j ésimo de azimut.
- Los factores de cambio de rugosidad C_{rou}^j . El modelo del cambio de rugosidad relaciona la velocidad en la estación con la velocidad del viento anterior a los cambios de rugosidad especificados. Además, el área ponderada con los distintos valores de rugosidad superficiales, da una rugosidad superficial eficaz corriente arriba z_{0e}^j .
- Los factores de corrección orográficos, calculados a partir del modelo orográfico. El modelo requiere un perfil vertical de vientos con la dirección correspondiente, en el centro de cada sector. Como fue descrito en la

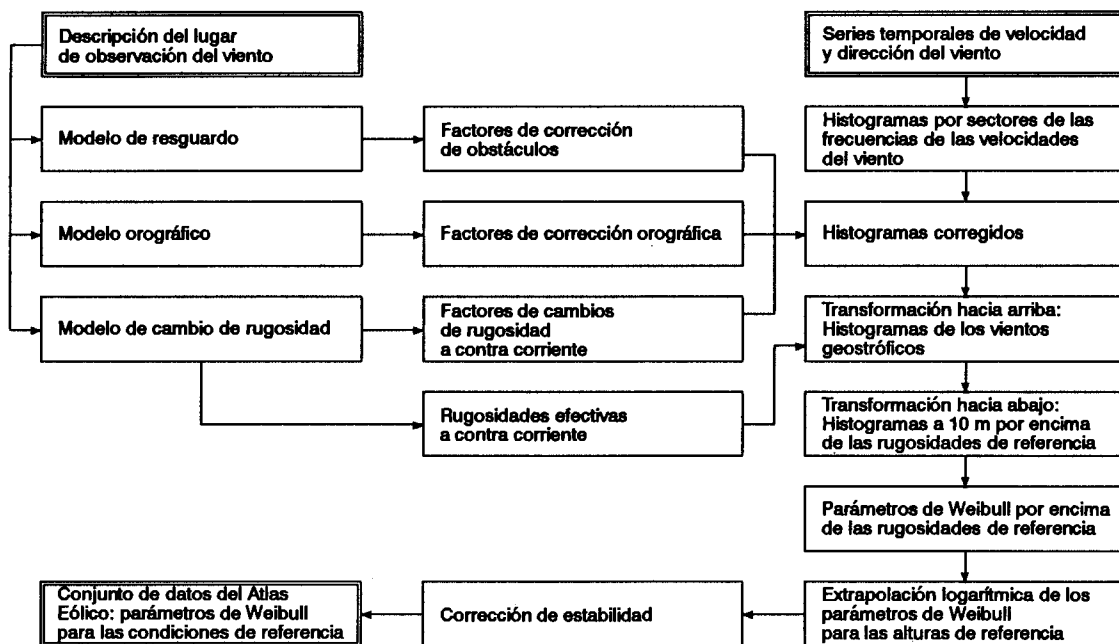


Figura 8.6. Representación esquemática del modelo de análisis del Atlas Eólico.

Sección 8.5 las rugosidades superficiales se toman como parámetros del modelo orográfico. Con todo esto, se obtienen C_{oro}^j y D_{oro}^j , en donde D_{oro}^j es el número de grados que ha girado el vector del viento, calculado por el modelo orográfico.

El paso siguiente es transformar cada pareja de datos de velocidad del viento y azimut con estos factores. Considerando el sector j ésimo y la casilla de velocidades del viento desde $u^{(k)}$ hasta $u^{(k+1)}$, la aplicación del factor de corrección de obstáculo C_{obs}^j nos da el valor que tendríamos si el obstáculo no estuviera allí. Igualmente, las correcciones orográficas y de cambio de rugosidad se aplican para transformar las fronteras de las casillas a los correspondientes valores por las condiciones corriente arriba. Para el giro de los ángulos fronterizos, los ángulos de giro calculados por el modelo orográfico se aplican usando la media de los dos valores más cercanos a la frontera considerada.

La rugosidad superficial eficaz z_0^j se usa junto con cada una de las nuevas fronteras de las casillas en la ley de resistencia aerodinámica geostrófica Ec. 8.5, para calcular las fronteras correspondientes $G^{k,j}$ y $G^{k+1,j}$ con las direcciones asociadas $D_{inf}^{k,j}$ y $D_{sup}^{k,j}$ a partir de los valores superior e inferior de los azimuts de las casillas originales. En este proceso de transformación, se conserva la frecuencia de aparición de la casilla original. El viento geostrófico podría usarse ya como representativo de la climatología regional, pero en vez de eso el proceso de transformación continúa para obtener la distribución del viento en terrenos con los valores de rugosidad superficial de referencia. Usando de nuevo la ley de resistencia aerodinámica geostrófica, los valores de u_* para rugosidades de referencia superficiales, se obtienen a partir de $G^{k,j}$, $G^{k+1,j}$ y las direcciones del viento a partir de los anteriores valores D . A partir del perfil logarítmico (Ec. 8.1) se calculan los valores de la velocidad del

viento al nivel inferior de referencia (10 m). Aquí llegados, hemos calculado ya todas las contribuciones para cada casilla de (30°) de azimut y velocidad del viento de (1 ms^{-1}). Se repite este proceso para cada casilla de azimut/velocidad de los datos de entrada y el resultado que se obtiene son cuatro series de histogramas parecidos a los histogramas iniciales, pero pertenecientes al nivel inferior de referencia de 10 m de altura y a cada una de las cuatro clases de rugosidad. Para cada sector de azimut se calcula la frecuencia de aparición correspondiente y de ahí se calculan los parámetros de Weibull usando el proceso de ajuste descrito en la Sección 8.6. Los parámetros de Weibull correspondientes a los niveles de referencia superiores z_n , se calculan tal y como se describió en la Sección 8.1, utilizando una modificación del perfil logarítmico que tiene en cuenta el efecto de la variación del flujo de calor superficial. El valor medio y la raíz cuadrática media del flujo de calor se especifican independientemente para las condiciones en tierra o en mar. Los valores que se utilizan para las estaciones analizadas aquí son:

Flujo medio de calor en tierra	=	-40 Wm^{-2}
Flujo medio de calor en mar	=	15 Wm^{-2}
Raíz cuadrática media del flujo de calor en tierra	=	100 Wm^{-2}
Raíz cuadrática media del flujo de calor en mar	=	30 Wm^{-2}

Las ecuaciones 8.17–8.18 dan los factores de “contaminación” debido al efecto de la estabilidad en los valores medios y en las desviaciones típicas. Estas expresiones evalúan la contaminación utilizando la altura del anemómetro, la distancia a la costa y la rugosidad superficial de equilibrio corriente arriba para cada sector de azimut. Igualmente, se calcula la contaminación para diferentes alturas de referencia y, los cocientes entre estos valores y los de entrada en el modelo, son los que se usan para corregir los parámetros de Weibull calculados utilizando un perfil logarítmico. Los valores medios y las desviaciones típicas correspondientes se calculan por las expresiones dadas en Ec. 8.42, se aplican las correcciones, y se hace el cálculo inverso para determinar los parámetros de Weibull correspondientes a los valores corregidos con medias y varianzas. Para este cálculo, la clase 0 de rugosidad se refiere a las condiciones en agua y las tres otras clases de rugosidad se corrigen para condiciones de paisaje interior, lejos de cualquier influencia costera.

8.8 El modelo de aplicación del Atlas Eólico

Para la construcción del Atlas, el modelo de análisis descrito en la anterior sección es suficiente. Pero tan importante como éste, lo es el modelo construido para hacer el cálculo inverso de la distribución de velocidades en un lugar determinado a partir de la climatología regional. Un esquema del modelo se muestra en la Fig. 8.7. Un modelo de tal tipo puede usarse, tanto para verificar las estadísticas regionales calculadas, como para ayudar al usuario del Atlas Eólico en el momento de decidir el emplazamiento de un aerogenerador.

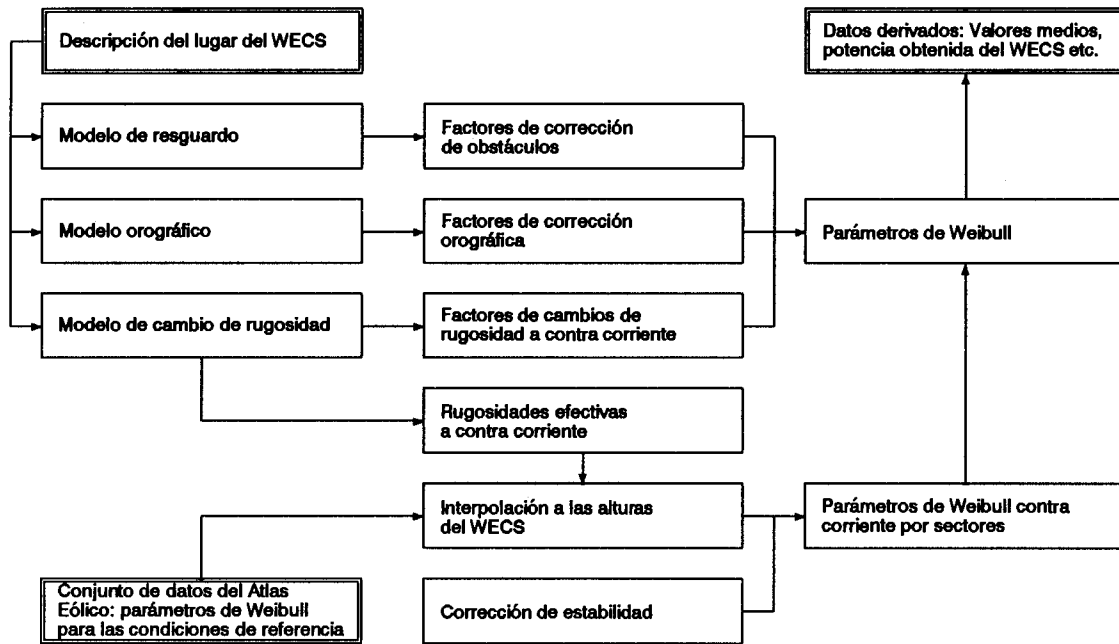


Figura 8.7. Representación esquemática del modelo de aplicación del Atlas Eólico.

El modelo, incorporado en WAsP se ha procurado que fuera lo más parecido posible al inverso del modelo de análisis. Los factores de corrección debidos al resguardo local, orografía, y cambios de rugosidad se calculan exactamente de la misma forma que en el modelo de análisis, pero evidentemente, usando ahora la lista de obstáculos, la descripción de rugosidad y los datos orográficos pertenecientes al lugar en el que los datos del Atlas deben ser aplicados.

Para la altura considerada, se usa la tabla del Atlas Eólico y se extraen de ella los valores apropiados de los parámetros de Weibull A_j y k_j para cada sector de azimut, así como la frecuencia del sector f_j . Para alturas distintas a las alturas de referencia y para rugosidades superficiales también distintas a las de referencia, se usa una interpolación logarítmica. Los valores de las rugosidades superficiales usados para cada sector, son los valores calculados en el modelo de cambio de rugosidad z_{0e} (Sección 8.3). Los factores de corrección se aplican al parámetro A para cada sector, manteniendo el valor del parámetro k de las tablas. Finalmente, la corrección de estabilidad se calcula de la forma indicada anteriormente.

Para las alturas requeridas, y a partir de las especificaciones de las rugosidades del terreno, de los obstáculos resguardantes y de los detalles orográficos, el modelo calcula los valores de los parámetros de Weibull según cada sector, y las frecuencias de cada sector para una climatología regional escogida. La coherencia interna se comprueba calculando la climatología de la estación, usando la climatología regional que resulta de la misma estación al aplicársele el modelo de análisis. De más interés es la intercomparación, usando la climatología regional de una estación para predecir la climatología local de otra estación cercana a ésta. Este ejercicio de intercomparación se describe en el Capítulo 9.

8.9 Descripción meteorológica de datos y estaciones

La red de estaciones meteorológicas usada para la observación del tiempo y para los sistemas de alarma, se conoce por el nombre de red sinóptica. Los puestos de observación deben situarse en lugares en los que el personal tenga que estar presente todo el día por razones distintas a las de la observación del tiempo; por ejemplo, en faros. En los aeropuertos, se necesitan también observaciones meteorológicas para fines aeronáuticos y, naturalmente, estas observaciones se incluyen dentro de la red sinóptica.

De estas estaciones sinópticas se consiguen largas series temporales de medidas de viento, así como también de estaciones instaladas específicamente para la obtención de datos climatológicos y de otro tipo de fuentes. El representante de cada uno de los países participantes en el Atlas Eólico Europeo, ha sido el encargado de seleccionar las estaciones de las que se iban a obtener los datos. Para esta selección había una serie de requerimientos (Apéndice C), que pueden resumirse de la siguiente forma:

- Máxima cobertura posible en cada país: cada región climática debe estar representada por datos. Para regiones apartadas de montañas, esto significa una separación entre estaciones de, aproximadamente, doscientos kilómetros. Para regiones montañosas, es difícil que el requerimiento sea satisfecho, y así se aceptó que en estas regiones el análisis daría resultados sólo locales.
- Período temporal suficientemente largo. Los estudios climáticos, tradicionalmente, se refieren a un período de 30 años, pero para este estudio fue necesario reducir este período a 10 años. La razón principal de esta decisión, fue la importancia de una descripción fiable de las condiciones del anemómetro y la precisión de los instrumentos.
- Buena situación para el anemómetro, lejos de edificios y otros obstáculos. Este fue, posiblemente, el requerimiento más difícil de cumplir.
- Descripción detallada de las condiciones anemométricas, y datos promediados en períodos de 10 minutos o horarios recogidos cada 3 horas a lo largo de las 24 horas del día.

En muchos casos, la selección de estaciones hecha por el participante en cada país, no satisfacía todos los requerimientos. Pero, después de evaluar todos los pros y los contras, el criterio del representante fue que la estación era, a pesar de todo, útil para la construcción del Atlas.

Los datos se sacaron de los archivos de los servicios meteorológicos y de la aviación de los países miembros. Los participantes entregaron los datos en cintas magnéticas junto con cuestionarios completos tal y como se describe en el Apéndice C.

La calidad de los datos debía ser controlada por la organización. El control más importante que se hizo una vez recibidos los datos, fue una inspección de la tabla de frecuencias, es decir, la tabla de resumen estadístico dada para cada estación en el Capítulo 7. De esta inspección, salieron deficiencias de los datos como:

- valores irrazonablemente altos de la velocidad del viento.
- un número anormal de observaciones de una determinada velocidad del viento y/o un sector de dirección concreto.
- ciertas configuraciones en la tabla debidas a la conversión de los datos, originariamente recopilados en Beaufort, nudos, millas por hora etc., a metros por segundo. Una conversión del tipo, cambio de 16 sectores a 12 sectores de dirección, por ejemplo, puede también evidenciarse en las tablas.

La solución a esta deficiencia en los datos fue sencilla. Los valores irrazonablemente altos de la velocidad fueron manualmente retirados, representando un número pequeño de puntos. El número anormal de ocurrencia de ciertas velocidades y/o direcciones del viento fue comparado con la climatología conocida. Las configuraciones causadas por la conversión de los datos se eliminaron de la forma siguiente: sean Δu y ΔD los intervalos de discretización de la velocidad del viento u y de la dirección D respectivamente, entonces, el nuevo valor asignado a cada observación viene dado por:

$$u_{nuevo} = u_{viejo} + a\Delta u \quad (8.45)$$

$$D_{nuevo} = D_{viejo} + b\Delta D$$

en donde a y b están distribuidos aleatoria y uniformemente en el $[-0.5, +0.5]$.

Otro problema que tuvo que resolverse en cuanto a los datos se refiere, fue la falta de datos nocturnos en algunas estaciones. La mayoría de las estaciones que se usaron en el estudio tienen observaciones cada tres horas, tal y como se requería en los criterios de selección de datos anteriormente mencionados. Pero en algunos casos fue necesario escoger estaciones que carecían de una o más observaciones nocturnas, alternativa preferible a la de no tener información alguna en grandes regiones.

Previo al análisis de estas estaciones, era necesario rellenar esta carencia de datos. Eso se debe a que el ciclo medio diario de la velocidad del viento tiene su mínimo por la noche, y si se hubieran usado directamente las tablas de frecuencia generadas a partir de esos datos, el resultado daría una tendencia errónea hacia velocidades más altas de las que a estas estaciones les corresponde en realidad.

El proceso escogido para este relleno consiste en sustituir los datos omitidos por una interpolación lineal para todo el intervalo de tiempo entre la última observación nocturna y la primera de la mañana. Este proceso se aplicó a las tablas de frecuencia generadas por cada uno de los ocho períodos trihorarios de observación. Las tablas de frecuencias para los períodos de observación omitidos fueron sustituidos por las tablas de interpolación lineal entre los períodos válidos.

Las estaciones con este problema de falta de datos nocturnos pueden reconocerse a partir de las huellas climatológicas del viento y en la tabla de valores medios en la descripción de la estación porque faltan los valores medios para algunas horas.

La información topográfica de las cercanías de las estaciones, que fue proporcionada juntamente con los datos, fue traducida a números correspondientes a los datos que se piden en los modelos de rugosidad, resguardo y orográfico.

La clasificación de la rugosidad se hizo principalmente, siguiendo el proceso que se da en la Sección 5.2, usando el modelo descrito en la Sección 8.3. La rugosidad se determinó a partir de mapas a escala 1:25 000 ó 1:50 000, fotografías tomadas en el lugar de observación, y fotografías aéreas para alguna de las estaciones. Por razones militares, de algunas estaciones fue imposible el obtener mapas y fotografías; en casos así, el representante del país correspondiente tuvo que extraer información lo más acurada posible.

Para cada estación, se dividió el horizonte en doce sectores de 30° cada uno, y se adjudicó un valor del parámetro de aspereza superficial para cada uno de los sectores. La clasificación se hizo para distancias hasta 5 km de la estación, como mínimo. Si en algún caso, una superficie acuosa o algún cambio significativo en el terreno alcanzaba distancias más allá de estos 5 km, entonces la clasificación se amplió a 10 km o más. Los resultados de esta asignación de rugosidad se dan para cada estación en las estadísticas de la estación.

Se acordó también en que los representantes de cada país entregaran, para cada una de las estaciones, información referente a los obstáculos que podían haber influenciado en las medidas del anemómetro en forma de una “descripción formal del objeto”, o por mapas o fotografías.

En cuanto al problema del uso de medidas obtenidas cerca o en la cubierta de edificios, está claro que como más influenciado está el anemómetro de la proximidad de un edificio, más difícil resulta sacar, de estos datos, información representativa de la región. En el principio de este estudio, se hizo el intento de considerar sólo los datos que procedían de mástiles aislados para evitar este problema, pero si se quería tener una mínima cobertura de las regiones, no podían despreciarse las estaciones no aisladas. Los problemas se mencionan en las descripciones de las estaciones en el Capítulo 7.

De otras estaciones, a la vista de los datos, se juzgó que estaban influenciadas por la orografía, por lo que a estos datos se les aplicó el modelo del flujo descrito en la Sección 8.6. Los datos necesarios en el modelo se obtuvieron de digitalizar las curvas de nivel de los mapas topográficos.

De base, se usaron mapas topográficos a escala 1:25 000 ó 1:100 000. Cerca de las estaciones meteorológicas, las curvas de nivel se digitalizaron lo más acuradamente posible, usando un digitalizador patrón. En algunos casos se hizo una ampliación para facilitar el trazado de las curvas.

Estadísticas del radio-sonda

Además de las estadísticas eólicas medidas cerca de la superficie, el Atlas Eólico proporciona estadísticas desde 29 estaciones de radio-sonda. Los sistemas de radio-sonda que se han utilizado son distintos en un país u otro. Como ejemplo, se da la descripción del sistema de radio-sonda Británico, sacada del "Meteorological Office: Upper-Air Summaries, 1961-70":

Se usa el radar para rastrear un reflector pasivo incorporado al globo radiosonda en donde la posición del globo se determina en coordenadas polares esféricas (radio, azimut y elevación). Las lecturas se toman en intervalos de un minuto, usando una escala temporal común para el radar y el radiosonda. Para un tiempo dado, la velocidad del viento se calcula a partir del desplazamiento horizontal del globo en un intervalo de dos minutos, centrado en el momento en el que se quiere conocer la velocidad; así, el viento observado es el valor medio en una capa de unos 730 metros de grosor. Los ascensos del globo se hacen a las 00 y las 12 GMT.

Los datos que se muestran en la Tabla 7.3 pertenecen a 850 mb (con la excepción de la estación de Heraklion, Grecia), lo que, para una estación cerca del nivel del mar corresponde a una altura de, aproximadamente, 1500 metros. Así, estos datos pueden ser considerados como representativos del viento geostrófico, y de aquí el interés de incluir en el estudio los radiosondeos: el viento geostrófico es una magnitud importante en la metodología del Atlas Eólico y uno de sus objetivos es el cálculo del viento geostrófico a partir de los datos de superficie. Una descripción de como pueden usarse las estadísticas del viento geostrófico, obtenidas ya sea a partir de los radiosondeos o a partir del análisis de los campos de presión en superficie, para calcular la climatología regional del viento, se encuentra en Jensen et al. (1984) y en Petersen et al. (1981). Las climatologías regionales calculadas a partir de los datos del radio-sonda y que se muestran en el Capítulo 7, se han calculado usando el modelo de análisis del Atlas Eólico descrito en la Sección 8.7 (la posición dentro del esquema del modelo se ve en la Figura 8.6, en la casilla titulada histogramas del viento geostrófico).

Existen ciertas razones por las que las estadísticas de los radiosondas no se escogieron como fuente primaria en este estudio. Una de estas razones es la poca densidad de estaciones aéreas que existe comparándolo con las estaciones en superficie; otra, la disparidad de versiones en la forma y calidad de estos datos. La aplicación de los datos de los radiosondas no ha sido bien estudiada, pero sí que una primera comparación de las predicciones a partir de los radiosondeos y los datos superficiales sugiere que, para vientos de velocidad media superior a 10 m s^{-1} en los radiosondas la correspondencia es buena. Para vientos de velocidad inferior, los valores en los radiosondas tienden a predecir vientos en superficie superiores a los observados.

A las estadísticas de los radiosondas se han añadido estadísticas del viento geostrófico en superficie calculado para una posición concreta en Dinamarca a partir de las medidas de presión superficiales. (Petersen et al., 1981).

8.10 Limitaciones de los datos y los modelos

No es posible dar un margen de errores fijo para los datos que se muestran en el Atlas, y la validez del Atlas está bien garantizada a partir de las comparaciones entre los datos tal y como se presenta en el Capítulo 9. Para dar un poco de sentido a estas comparaciones, discutamos primero un poco acerca de la validez de los datos y de los métodos de análisis.

Las medidas llevan siempre consigo un cierto grado de incertidumbre. Tanto la selección de los aparatos como el manejo de los datos ha sido muy riguroso, pensando ya en la calidad del producto final. Un anemómetro de buena calidad y acuradamente calibrado, puede medir vientos de alrededor de 3 m s^{-1} con una precisión de $\pm 2\%$. De todas formas, esta precisión no se les puede suponer a los datos sinópticos y a los climatológicos, que es la naturaleza de la mayoría de los datos en el Atlas. Si se excluyen los errores sistemáticos, que pueden aparecer por muchas razones como por ejemplo, una mala calibración del anemómetro, hay que suponer un margen de error del $\approx 5\%$ para las velocidades del viento. Algunas de las series pueden superar este error, provocando grandes desviaciones en los resultados finales. Esto significa que, la estimación de los recursos eólicos en el punto exacto en el que se han tomado las medidas del viento, puede llegar a tener un margen de error de un $\approx 15\%$ o más respecto a la energía media.

La transformación de los datos descrita en las secciones anteriores es un procedimiento para calcular las estadísticas del viento en puntos distintos a los de observación. También puede considerarse como un método para borrar de los datos la influencia de las características del terreno, como ya se ha explicado. En ambos casos, se trata de una extrapolación horizontal y vertical a un sitio real cercano o a uno ideal imaginario. El mismo uso práctico del Atlas supone también una extrapolación en el tiempo, desde un período de tiempo en el pasado en el que se realizaron las observaciones hasta el tiempo de utilización.

Así que, a los errores y las incertidumbres en los datos medidos, hay que añadirle los que aportan las transformaciones que los modelos suponen, la especificación de los parámetros climatológicos, y los parámetros tales como la rugosidad de la superficie en cada estación.

Los submodelos anteriormente descritos se basan en hipótesis simplificadas, que son imprescindibles para posibilitar el análisis. La ley de resistencia aerodinámica geostrófica (Ec. 8.5), que puede considerarse como el eje central alrededor del cuál se han construido todos los modelos, es sólo estrictamente aplicable bajo un rango idealizado y limitado de condiciones. La aplicación de esta ley para calcular velocidades del viento geostrófico a partir de observaciones en superficie, lleva consigo un error de un $\pm 15\%$ ó más, error que proviene mayoritariamente de las condiciones no estacionarias y baroclínicas (Clarke y Hess, 1974). En cuanto a lo de relacionar distribuciones de frecuencia del viento a condiciones de rugosidad superficial distinta, las desviaciones que en la práctica se encuentran son más pequeñas, como puede verse en los resultados de la comparación entre estaciones en el Capítulo 9, sobretudo en las estaciones no ubicadas en terreno montañoso.

Para el modelo de resguardo descrito en la Sección 8.4, las incertidumbres básicas pueden estimarse a partir de los datos de Perera (1981). Existen también las incertidumbres introducidas en el modelo al ser aplicado a objetos tridimensionales. El efecto de los obstáculos resguardantes aumenta en un pequeño tanto por ciento el error de cálculo y, además, incluso en el caso de grandes errores en los cálculos en el modelo de resguardo, estos tienen una influencia muy limitada en la estadística final. Si los factores de reducción de resguardo son grandes, la incertidumbre ligada a la estadística correspondiente será también grande.

El modelo del cambio de rugosidad y la asignación de la rugosidad de la superficie aporta errores que son más grandes como más altos estemos en la escala de rugosidades. La estimación de la rugosidad de la superficie a partir de las características topográficas es sólo precisa con un factor de 1.5 (aproximadamente). Eso se traduce en errores de un $\approx 5\%$ para valores de las velocidades medias en estaciones a campo abierto ($z_0^{medio} < 10$ cm) y en más de un $\approx 15\%$ en estaciones en terrenos muy cerrados ($z_0^{medio} > 40$ cm).

En estaciones muy resguardadas se les añade la dificultad de que, muy a menudo, los datos medidos tienden a unos valores medios demasiado bajos debido a que los umbrales de los instrumentos de medida de las velocidades del viento son relativamente altos.

Los máximos errores que se esperan en el Atlas se deben al cálculo del flujo en orografía compleja. Empíricamente, el modelo orográfico ha dado buenos resultados para el caso de la predicción de las perturbaciones del flujo en cerros y colinas no demasiado empinadas. El modelo induce errores del orden de un 10% al estimar incrementos relativos de la velocidad del viento en la cima de una colina con dimensiones horizontales de menos de 1-2 km y pendientes de menos de un 30%. Para cerros y colinas más empinadas, el modelo predice para el incremento de velocidad a sotavento de la colina, un valor inferior al real, como lo hacen también otros modelos similares (ver p.e. Salmon et al., 1987). Este efecto es máximo en las colinas empinadas en donde el flujo, después de las colinas, se separa.

Características orográficas de mayor escala aumentan la deficiencia del modelo, debido a la importancia de los efectos dinámicos no considerados en el modelo. Es difícil estimar el valor que este error representa, pero puede mitigarse un poco debido a que el modelo asegura que para estimar las condiciones del viento cerca del punto de medida, los resultados van a estar sólo marginalmente afectados por los detalles del flujo a mayor escala.

La base de datos utilizada en el Atlas se refiere a alturas bajas, 10 m generalmente. Para alturas de más de 50 m, el flujo de calor en superficie aumenta en importancia en cuanto a la extrapolación vertical de la distribución de vientos. Por esta razón, hay que esperar una disminución de la fiabilidad del Atlas en la predicción de vientos a alturas superiores. La comparación con los datos de mástiles altos en el Capítulo 9 parece que se contradice con esta explicación, pero esta comprobación del modelo de estabilidad no puede considerarse concluyente debido al limitado número de series disponible.

Capítulo 9

Verificación de la metodología del Atlas Eólico

Para comprobar si las estadísticas regionales calculadas a partir de una estación en particular son válidas para el cálculo de la distribución de velocidades en la región cercana a la estación, con la exactitud suficiente que la estimación energética necesita, debemos recurrir a la comparación entre los datos medidos y predecidos en un mismo lugar. Vamos a realizar una comprobación parcial, comparando estaciones sometidas prácticamente al mismo clima eólico según la información que nos dan los mapas del Capítulo 2, y separadas por distancias no superiores a 200 km.

9.1 Intercomparaciones entre estaciones

Como ejemplo, se han usado las estadísticas regionales de la estación de Belmullet en la costa atlántica de Irlanda para predecir la velocidad media del viento en la estación de Valentia, situada también en la costa atlántica de Irlanda. El método está descrito en la Fig. 1.1. Los datos necesarios para el cálculo (la parte de aplicación del Atlas Eólico WASP) son las estadísticas regionales de la estación de Belmullet (las que van a predecir), y de la estación de Valentia (en donde se quiere hacer la predicción) la rosa de las rugosidades, la información de obstáculos resguardantes y un mapa digitalizado de las curvas de nivel.

Los resultados de los cálculos se muestran abajo en las *tablas de resultados* en donde los nombres de las estaciones en las que se hace la predicción aparecen enteros y los de las estaciones de donde se sacan los datos para predecir se escriben abreviadas con sólo tres letras. La línea diagonal de las tablas impresa en negrita se refiere a las estaciones que se predicen a sí mismas y se observa como, excepto por algunos errores de redondeo, estos resultados en valores medios coinciden con los medidos. Por eso las tablas en negrita son para comparar predicciones. Por ejemplo, como puede verse en la Tabla 9.2, la estación de Shannon se predice a partir de las estaciones de Claremorris, Roches Point y Cork dando valores de la media del viento de 4.9, 4.9, y 5.2 m s^{-1} respectivamente, que debe compararse con el valor medio

medido en la estación de 5.0 m s^{-1} . La tabla de resultados para las estaciones irlandesas da una intercomparación muy convincente entre los tres grupos de estaciones: Las estaciones en la costa atlántica, las estaciones de la costa sur y las estaciones interiores. Se observa, sin embargo, al mirar las otras tablas de resultados, que la intercomparación no siempre es buena. En el capítulo anterior se discutieron las incertidumbres inherentes a la metodología del Atlas Eólico, tales como por ejemplo los errores de medida y la incapacidad de los modelos físicos para modelar las condiciones reales del flujo eólico. El efecto global de estas incertidumbres es el de disminuir la credibilidad de las estadísticas regionales y con ello de su aplicación para predecir las estadísticas del viento en otros lugares de la región. Además de estas incertidumbres existe también el problema básico de la determinación del flujo eólico en un terreno con colinas y montañas. Es evidente que una estación situada en las profundidades de un valle experimenta un viento que ha sido sometido a un efecto de canalización considerable; un ejemplo del caso es la estación de Fort Augustus en UK. Las estaciones influenciadas por efectos orográficos de este tipo sólo pueden utilizarse para predecir en lugares cercanos, afectados por unas mismas condiciones del terreno.

En la selección de las estaciones para las tablas de resultados ha sido en general bastante difícil el encontrar estaciones en terreno complejo que puedan ser consideradas afectadas de una orografía similar. A pesar de los problemas que supone el uso de estaciones en terreno montañoso y con colinas, se han incluido varias de ellas en las tablas de resultados para mostrar las incertidumbres que llevan asociadas. Cada una de las tablas de resultados va acompañada de un pequeño comentario – para un examen más completo de las discrepancias de las predicciones, el lector debe recurrir a las descripciones de las estaciones del Capítulo 7.

Encontramos dos clases distintas de errores sistemáticos que pueden atribuirse a errores de medida y/o a errores debidos a la interpretación de la información de las estaciones que nos piden los modelos (fotos, mapas, descripciones escritas, etc.). La primera es típica de la estación para la que se predice poco viento y que, en cambio, ella predice demasiado viento para otras estaciones. Esto puede ser causado por:

- El instrumento de medida de la velocidad del viento registra valores altos (probablemente se trata de un problema de calibración)
- Las rugosidades en la rosa de las rugosidades son demasiado grandes
- El efecto de resguardo de los obstáculos cercanos ha sido exagerado
- El efecto orográfico calculado infravalora el aumento de velocidad

La segunda clase es típica de la estación para la que se predice demasiado viento mientras que ella predice poco para otras estaciones. Las causas de ello pueden ser las mismas supuestas para la primera clase, pero de signo contrario.

Las comparaciones dan una primera indicación de la representatividad de las estadísticas regionales de una estación o de un grupo de estaciones. Las intercomparaciones no deben ser tomadas muy en serio: la mayoría de las estaciones tienen casi la misma velocidad media entre 4 y 5 m s^{-1} y algunas de las predicciones pueden

parecer una dispersión aleatoria dentro de este intervalo. De todas formas puede recuperarse la confianza cuando se predicen bien las diferencias grandes entre estaciones, como en el caso de las estaciones holandesas de los buques-faro de Eelde y Texel que se predicen mutuamente casi exactamente con valores de 4.5 y 7.6 m s⁻¹, respectivamente. Como caso extremo, las dos estaciones Snaefell en el punto más alto de la Isla de Man (621 m) y Blackpool en la costa del Mar de Irlanda con valores medios para la velocidad del viento de 13.8 y 5.7 m s⁻¹ y que se predicen una a la otra los valores de 12.0 y 7.1 m s⁻¹ respectivamente. Esto es satisfactorio cuando se considera que los cálculos incluyen efectos orográficos en el viento en Snaefell que dan un aumento de la velocidad del viento del orden de un 144%.

Intercomparaciones más completas dentro de un grupo de estaciones requieren predicciones a distintas alturas y un examen de la rosa de los vientos predecida, siendo lo último los parámetros de Weibull y frecuencia de ocurrencia como función de la dirección del viento. Tan sólo una presentación rudimentaria de este tipo de predicciones aumentaría enormemente el grosor del Atlas Eólico, pero algunas comparaciones entre datos medidos y predecidos para distintas alturas se presentan en la Sección 9.2. El lector puede realizar intercomparaciones de rosas de los vientos entre estaciones que no estén bajo la influencia de orografía mediante los métodos descritos en el Capítulo 5. Intercomparaciones más completas incluyendo estaciones en terrenos montañosos pueden realizarse usando el programa WASP. De ello se da un ejemplo en la Tabla 9.1.

Tabla 9.1. Predicción de las condiciones eólicas en estaciones en terreno complejo usando estadísticas de radiosondas. Las estadísticas regionales del Atlas Eólico de una estación de radiosonda en Stornoway, UK, se han usado para predecir los parámetros de Weibull totales y por sectores para la estación de Fort Augustus, UK, ver Fig. 8.2. La comparación demuestra la posibilidad de usar datos aéreos para evaluar las condiciones del viento en terreno complejo. Los datos comparados, predecidos y medidos, coinciden bien y eso se debe, en parte, a que la región es ventosa.

Sector	Medido			Predecidos			Medidos		
	Stornoway			Fort Augustus			Fort Augustus		
°	A	k	f	A	k	f	A	k	f
0	10.7	1.85	6.5	1.9	1.48	3.6	1.9	1.12	4.3
30	10.2	1.94	4.7	2.8	1.56	5.2	3.6	1.73	7.8
60	9.2	1.77	4.1	3.5	1.50	9.6	3.8	1.94	10.0
90	9.3	1.68	4.0	2.3	1.33	4.8	2.5	1.44	4.6
120	9.3	1.64	5.2	1.9	1.56	4.2	1.2	0.79	3.1
150	9.2	1.64	5.7	1.8	1.77	5.0	1.8	0.94	3.3
180	12.7	1.90	9.7	3.1	1.51	7.8	3.5	1.40	5.3
210	15.4	1.94	13.7	4.9	1.85	17.1	5.5	2.43	21.3
240	16.3	2.21	15.7	5.5	1.93	27.2	4.7	1.89	25.1
270	15.5	2.07	13.6	3.1	1.47	7.2	2.6	1.52	9.0
300	13.5	1.92	9.2	2.2	1.60	4.7	1.0	0.87	3.3
330	11.7	1.89	8.0	1.5	1.70	3.3	0.9	0.83	3.0
Total	13.1	1.81	100.0	3.7	1.42	100.0	3.9	1.65	100.0

Tabla 9.2. Comparación de las estaciones irlandesas. Existen tres grupos distintos de estaciones: Las de la costa atlántica (Valentia, Belmullet y Malin Head), las de la costa sur (Cork, Roches Point) y las estaciones interiores (Shannon, Claremorris y Mullingar). La coincidencia dentro de estos tres grupos es muy buena. Además, si los dos últimos grupos y Dublín se consideran como un único grupo, la coincidencia sigue siendo buena. Se considera que Dublín es representativo de la costa no montañosa del Mar de Irlanda, y se la compara con algunas estaciones de UK en la Tabla 9.3.

	Bel	Val	Mal	Sha	Cla	Roc	Cor	Mul	Dub
Belmullet	6.9	6.8	6.9	5.8	5.6	5.7	5.9	5.8	6.0
Valentia	5.9	5.7	5.8	4.9	4.8	4.9	5.1	4.9	5.2
Malin Head	8.5	8.3	8.2	7.1	6.9	7.2	7.4	7.1	7.4
Shannon	5.9	5.9	6.0	5.0	4.9	4.9	5.2	5.0	5.2
Claremorris	5.3	5.2	5.2	4.4	4.3	4.4	4.5	4.4	4.6
Roches Point	7.7	7.8	7.9	6.7	6.4	6.4	6.9	6.5	6.7
Cork	6.0	5.9	5.9	5.0	4.9	5.0	5.1	5.0	5.3
Mullingar	5.8	5.8	5.8	4.9	4.7	4.8	5.1	4.9	5.1
Dublin	5.9	5.8	5.9	5.0	4.8	4.9	5.1	4.9	5.2

Tabla 9.3. Comparación entre siete estaciones de UK y una estación de Irlanda. El primer grupo está compuesto por estaciones cercanas al Mar de Irlanda: Dublín, Snaefell, Valley y Blackpool.

Las comparaciones entre las estaciones son buenas, incluso para el caso de Snaefell que se encuentra en la cima de la Isla de Man a 621-m. Las estaciones de Manchester, Bala, Lowther Hill y Eskdalemuir son representantes del interior, estando las tres últimas en terreno montañoso irregular y con muchas cimas. A Manchester se le considera posteriormente en la Tabla 9.5.

	Dub	Val	Bla	Sna	Bal	Man	Low	Esk
Dublin	5.2	4.9	5.2	6.2	5.2	4.6	5.3	5.5
Valley	7.4	7.0	7.1	8.8	7.5	6.5	7.4	7.8
Blackpool	6.0	5.6	5.7	7.1	6.0	5.2	6.0	6.3
Snaefell	11.6	11.0	12.0	13.8	11.4	10.5	12.0	12.0
Bala	4.1	3.6	3.9	4.8	4.0	3.4	3.9	4.3
Manchester	5.0	4.9	5.0	6.1	5.2	4.5	5.2	5.5
Lowther Hill	10.1	9.4	10.1	11.9	9.9	8.9	10.1	10.5
Eskdalemuir	4.5	4.4	4.5	5.4	4.6	4.1	4.7	4.9

Tabla 9.4. Comparación entre estaciones de Escocia, UK. Se comparan seis estaciones de Escocia, UK, cuatro de las cuales están situadas en la costa (Benbecula, Duirinish, Dustaffnage y Wick) y dos en las montañas: Cairngorm en una cima de 1065-m y Fort Augustus en la profundidad del Glen Valley.

Duirinish y Dustaffnage se encuentran las dos bajo las mismas condiciones eólicas en la costa oeste de Escocia y comparan bien. Wick, que se encuentra en el punto más al norte de Escocia, compara razonablemente bien con las dos estaciones montañosas, mientras que Benbecula en la costa oeste del Outer Hebrides no compara muy bien. Las dos estaciones montañosas se muestran únicamente para ilustrar el ejemplo, mientras que Fort Augustus compara sorprendentemente bien con las estaciones de la costa.

	Ben	Dui	Dus	Wic	Cai	For
Benbecula	6.8	5.5	5.7	5.8	6.9	6.8
Duirinish	7.5	6.0	6.2	6.4	7.8	7.4
Dustaffnage	6.1	4.9	5.2	5.3	6.1	5.9
Wick	6.8	5.5	5.8	5.9	6.8	6.6
Cairngorm	9.8	7.8	8.5	8.6	9.9	9.5
Fort Augustus	3.5	3.0	3.0	2.9	3.8	3.4

Tabla 9.5. Comparación entre estaciones de UK. Se comparan nueve estaciones que cubren las partes central y sur de Inglaterra. La estaciones pueden agruparse de la siguiente forma: centro de Inglaterra con Manchester, Birmingham y Londres; el sureste de Inglaterra con Burrington, Exeter, Bournemouth y Yeovilton; y el centro-este de Inglaterra con Waddington y Coltishall.

Dentro de estos tres grupos, las estaciones comparan razonablemente bien.

	Man	Bir	Wad	Col	Lon	Bou	Yeo	Exe	Bur
Manchester	4.5	4.6	4.9	4.5	4.0	4.1	4.7	4.5	5.1
Birmingham	4.5	4.5	4.8	4.5	4.0	4.0	4.7	4.5	5.2
Waddington	4.6	4.6	5.0	4.6	4.1	4.1	4.8	4.6	5.2
Coltishall	4.6	4.7	5.1	4.7	4.2	4.2	4.9	4.6	5.3
London	4.4	4.5	4.9	4.5	4.0	4.1	4.7	4.4	5.1
Bournemouth	4.7	4.8	5.1	4.7	4.2	4.3	4.9	4.7	5.4
Yeovilton	4.6	4.7	5.1	4.7	4.1	4.2	4.8	4.6	5.1
Exeter	4.5	4.6	4.9	4.6	4.1	4.1	4.8	4.6	5.3
Burrington	5.1	5.1	5.5	5.1	4.5	4.6	5.3	5.1	5.8

Tabla 9.6. Comparación entre estaciones de Dinamarca. Se comparan nueve estaciones danesas. Pueden identificarse tres grupos de estaciones: en el oeste, desde el centro hasta el norte de Jylland con Ålborg y Karup; el resto de Jylland con Horns Rev Fyrskib, Tirstrup y Skrydstrup; las islas con Beldringe en Fyn, Kastrup en Sjælland y Rønne en Bornholm. Dentro de estos tres grupos las coincidencias son buenas. Incluso si se consideran todas las estaciones dentro del mismo grupo – como en el caso del Atlas Eólico – las comparaciones son buenas.

	Ålb	Kar	Hor	Tir	Skr	Bel	Vær	Kas	Røn
Ålborg	5.8	6.2	5.4	5.8	5.6	5.4	4.9	5.9	5.3
Karup	5.0	5.3	4.6	4.9	4.8	4.5	4.2	5.0	4.5
Horns Rev Fyrskib	8.4	8.9	7.8	8.3	8.0	7.7	7.2	8.4	7.6
Tirstrup	4.5	4.7	4.2	4.3	4.3	4.0	3.8	4.5	4.2
Skrydstrup	4.8	5.2	4.5	4.8	4.6	4.4	4.1	4.8	4.4
Beldringe	5.5	5.8	5.1	5.4	5.3	4.9	4.6	5.5	4.9
Værløse	5.3	5.6	4.9	5.2	5.1	4.8	4.5	5.3	4.8
Kastrup	6.3	6.6	5.8	6.1	5.9	5.7	5.3	6.3	5.7
Rønne	6.5	7.0	6.0	6.5	6.2	6.1	5.5	6.5	5.8

Tabla 9.7. Comparación entre seis estaciones de Alemania y una de Los Países Bajos. Se comparan seis estaciones alemanas y una holandesa. Las estaciones de Bremen, Hamburg, Hannover, Braunschweig y Berlin representan las condiciones interiores de la Alemania del norte y comparan bien. Düsseldorf y Eindhoven no coinciden, debido probablemente a la influencia del valle del Rhine en la climatología de Düsseldorf.

	Bre	Ham	Han	Bra	Ber	Düs	Ein
Bremen	4.3	4.5	4.3	4.2	4.3	4.0	4.5
Hamburg	4.2	4.3	4.1	4.0	4.1	3.9	4.4
Hannover	4.1	4.3	4.0	4.0	4.1	3.9	4.4
Braunschweig	4.1	4.2	4.0	3.8	4.0	3.7	4.2
Berlin	4.2	4.3	4.2	4.0	4.2	3.9	4.4
Düsseldorf	4.4	4.5	4.3	4.2	4.3	4.1	4.6
Eindhoven	4.3	4.4	4.2	4.1	4.2	3.9	4.4

Tabla 9.8. Comparación entre seis estaciones del centro de Alemania y una del sur. Se comparan seis estaciones del centro y el sur de Alemania. Nürnberg, Weißenburg y München comparan razonablemente bien, el resto mucho menos.

	Nür	Wei	Mün	Hof	Stu	Fra
Nürnberg	2.8	2.9	3.0	3.4	2.4	3.1
Weißenburg	2.6	2.7	2.9	3.3	2.3	3.1
München	3.1	3.3	3.2	3.8	2.6	3.5
Hof-Hohensaas	3.1	3.3	3.3	3.8	2.6	3.5
Stuttgart	3.1	3.1	3.2	3.7	2.6	3.3
Frankfurt	3.0	3.2	3.3	3.8	2.7	3.4

Tabla 9.9. Comparación de cinco estaciones del Mar del Norte y una de tierra adentro. Se comparan cinco estaciones del Mar del Norte y una de tierra adentro: las dos islas alemanas de Helgoland y List/Sylt, la isla holandesa de Terschelling, los dos buques-faro de Texel y Horns Rev y por último el aeropuerto de Skrydstrup Airport en el sur de Jylland. Excepto en el caso de Terschelling, las comparaciones son buenas. Se ve como Skrydstrup, en donde se registra un valor medio mucho más bajo que en el resto de las estaciones, predice bien y es bien precedido. La desviación en la estación de Terschelling se ve también en la Tabla 9.10.

	Hel	Lis	Tex	Hor	Skr	Ter
Helgoland	7.2	7.5	7.1	7.3	7.5	7.7
List/Sylt	6.8	7.0	6.7	6.9	7.0	7.3
Texel Lichtschip	7.7	8.1	7.6	7.8	8.0	8.3
Horns Rev Fyrskib	7.7	8.1	7.6	7.8	8.0	8.3
Skrydstrup	4.4	4.7	4.4	4.5	4.6	4.8
Terschelling	7.1	7.5	6.9	7.2	7.4	7.6

Tabla 9.10. Comparación entre seis estaciones holandesas. Se comparan seis estaciones holandesas. Excepto para la estación de la isla de Terschelling en el Mar del Norte, las estaciones comparan bien. Las estaciones de Schiphol, Leeuwarden y Eelde son representativas de las condiciones costeras del Mar del Norte y Eindhoven de las condiciones interiores.

	Sch	Ein	Lee	Tex	Eel	Ter
Schiphol	5.0	4.7	5.2	5.1	5.1	5.5
Eindhoven	4.7	4.4	4.9	4.8	4.8	5.2
Leeuwarden	5.0	4.7	5.1	5.0	5.1	5.4
Texel Lichtschip	7.6	7.2	7.9	7.6	7.8	8.3
Eelde	4.4	4.2	4.6	4.5	4.5	4.9
Terschelling	6.9	6.6	7.2	6.9	7.1	7.6

Tabla 9.11. Comparación entre estaciones de Bélgica, Los Países Bajos y Luxemburgo. Se comparan cinco estaciones en Bélgica (Middelkerke, Melsbroek, Florennes, Saint Hubert y Spa), Findel Airport en Luxembourg y Eindhoven en los Países Bajos. Middelkerke está situada a 1200 metros de la línea de costa del Mar del Norte y no compara bien con las otras estaciones representativas del interior. Las estaciones interiores comparan bien y Middelkerke se trata posteriormente en la Tabla 9.12.

	Mel	Flo	Sai	Spa	Fin	Ein	Mid
Melsbroek	4.4	4.3	4.3	4.4	4.2	4.5	4.9
Florennes	4.0	3.9	3.9	4.1	3.8	4.1	4.5
Saint Hubert	4.5	4.3	4.3	4.4	4.2	4.6	5.1
Spa	4.1	4.0	4.0	4.2	3.8	4.2	4.6
Findel	4.1	3.9	3.9	4.1	3.7	4.1	4.5
Eindhoven	4.4	4.3	4.2	4.4	4.1	4.4	4.9
Middelkerke	5.2	5.0	5.0	5.2	4.8	5.3	5.8

Tabla 9.12. Comparación entre ocho estaciones francesas y una belga. Se comparan ocho estaciones del noroeste francés y una de Bélgica. Se pueden dividir las estaciones en dos grupos: estaciones de la costa (Lorient, Brest, Dinard, Cherbourg y Middelkerke) y estaciones a más de 10 km hacia el interior (Evreux, Caen, Abbeville y Cambrai). Si no consideramos Cherbourg y Evreux, las coincidencias dentro de este grupo son buenas. Evreux se estudia más tarde en la Tabla 9.13.

	Lor	Bre	Din	Mid	Che	Evr	Cae	Abb	Cam
Lorient	4.7	4.8	4.5	4.7	5.3	3.8	4.2	4.1	4.2
Brest	4.5	4.6	4.4	4.4	5.0	3.6	4.0	3.9	3.9
Dinard	4.5	4.7	4.4	4.5	5.1	3.7	4.1	4.0	4.1
Middelkerke	5.9	6.0	5.6	5.8	6.5	4.8	5.3	5.1	5.2
Cherbourg	4.8	4.9	4.7	4.6	5.3	3.9	4.2	4.2	4.1
Evreux	5.1	5.2	5.0	5.0	5.6	4.1	4.6	4.4	4.6
Caen	5.3	5.4	5.1	5.2	5.9	4.3	4.7	4.6	4.7
Abbeville	5.4	5.5	5.2	5.3	6.0	4.3	4.8	4.7	4.7
Cambrai	5.4	5.5	5.2	5.3	6.0	4.4	4.8	4.7	4.8

Tabla 9.13. Comparación entre estaciones de Francia, Alemania y Luxemburgo. Se comparan cinco estaciones francesas, dos alemanas y una de Luxemburgo. Las estaciones son representativas de una área que va desde Nantes en el suroeste hasta Saarbrücken en el noreste.

Las comparaciones son buenas, siendo en Toul donde las diferencias son mayores.

	Nan	Evr	Orl	Rei	Tou	Saa	Fin	Fra
Nantes	3.8	3.8	3.8	3.7	3.5	3.7	3.9	3.4
Evreux	4.1	4.1	4.2	4.0	3.8	4.0	4.2	3.7
Orléans	4.2	4.2	4.2	4.0	3.8	4.1	4.3	3.7
Reims	3.9	3.9	3.9	3.7	3.5	3.8	4.0	3.4
Toul	3.8	3.7	3.8	3.6	3.6	3.8	3.8	3.5
Saarbrücken	3.5	3.5	3.6	3.5	3.3	3.5	3.6	3.2
Findel	3.7	3.7	3.7	3.5	3.4	3.6	3.7	3.3
Frankfurt	3.7	3.8	3.8	3.7	3.4	3.6	3.8	3.4

Tabla 9.14. Comparación de siete estaciones del centro y del suroeste de Francia. Las estaciones de Poitiers, Limoges, Bordeaux, Avord y Toulouse comparan bien. Orléans, que se encuentra también en la Tabla 9.13, y Mont de Marsan no son representativas de la región. Mont de Marsan debe ser representativa de la región de vientos flojos en el extremo suroeste cerca de los Pirineos.

	Poi	Lim	Bor	Avo	Tou	Orl	Mon
Poitiers	3.4	3.3	3.5	3.4	3.6	3.9	2.5
Limoges	3.4	3.2	3.4	3.3	3.4	3.8	2.4
Bordeaux	3.2	3.0	3.3	3.2	3.3	3.6	2.3
Avord	3.8	3.7	3.9	3.8	3.9	4.4	2.7
Toulouse	3.4	3.3	3.5	3.4	3.5	3.8	2.4
Orléans	3.7	3.6	3.8	3.7	3.8	4.2	2.7
Mont de Marsan	3.1	3.0	3.2	3.1	3.3	3.5	2.3

Tabla 9.15. Comparación de cuatro estaciones francesas en el Massif Central. Se comparan cuatro estaciones francesas situadas en el Massif Central. Las estaciones de Clermont-Ferrand, Saint Yan y Vichy están situadas en las llanuras de Limange, Loire y L'Allier en el norte del Massif Central, y las comparaciones dan buenos resultados.

	Cle	Vic	Sai	Le
Clermont-Ferrand	2.9	2.8	2.7	2.4
Vichy	2.7	2.6	2.5	2.3
Saint Yan	2.8	2.7	2.6	2.3
Le Puy Chadrac	3.3	3.3	3.2	2.8

Tabla 9.16. Comparación de nueve estaciones del sur de Francia. Se han comparado nueve estaciones del Massif Central, del valle del Rhone y de la costa Mediterránea. La mayoría de las estaciones se encuentran en zonas de topografía complicada y las comparaciones son difíciles. En general, hay que considerar que las estaciones son únicamente representativas de sus localizaciones específicas y de los entornos con orografía de características similares.

	Car	Per	Gou	Aur	Mil	Ist	Nîm	Sai	Lyo
Carcassonne	5.0	5.0	3.2	2.5	4.0	4.8	4.1	2.8	3.1
Perpignan	5.4	5.1	3.4	2.6	4.1	5.0	4.2	2.9	3.3
Gourdon	4.4	4.2	2.8	2.2	3.4	4.1	3.5	2.4	2.7
Aurillac	5.4	4.9	3.4	2.6	4.0	4.7	4.0	2.9	3.2
Millau	7.0	7.2	4.7	3.7	5.4	6.7	5.7	4.0	4.5
Istres	6.1	5.9	3.9	3.0	4.6	5.6	4.7	3.3	3.8
Nîmes	5.6	5.3	3.6	2.8	4.3	5.2	4.4	3.2	3.5
Saint Etienne	4.8	4.8	3.1	2.4	3.6	4.4	3.7	2.7	3.0
Lyon	4.8	4.7	3.2	2.5	4.0	4.9	4.2	2.8	3.2

Tabla 9.17. Comparación de dos estaciones en el noreste de España. La estación de Gerona está muy resguardada del viento y la comparación es difícil

	Ger	Bar
Gerona	2.3	2.8
Barcelona	2.7	3.4

Tabla 9.18. Comparación de tres estaciones en la costa este de España. Las dos estaciones de Murcia y Alicante dan buenas comparaciones considerando las diferencias de la topografía de su emplazamiento. La estación de Valencia se encuentra a más de cien kilómetros al norte y está separada de las otras dos por una amplia zona montañosa.

	Val	Ali	Mur
Valencia	3.3	4.0	4.9
Alicante	3.2	3.9	5.0
Murcia	2.9	3.6	4.4

Tabla 9.19. Comparación de tres estaciones del sur de España. Las estaciones de Málaga y Almería se encuentran las dos en la costa, separadas entre ellas por una distancia de 200 km. Granada se encuentra a unos 50 km al interior en la cadena montañosa de Sierra Nevada.

	Mál	Gra	Alm
Málaga	3.7	2.1	3.6
Granada	4.2	2.3	3.9
Almería	3.9	2.3	3.8

Tabla 9.20. Comparación de dos estaciones en Portugal y una estación en el suroeste de la Península Ibérica. Las dos estaciones de la costa portuguesa dan buenas comparaciones y comparan bien también con Sevilla a pesar de estar esta estación separada de las otras por más de 200 km y encontrarse 50 km al interior.

	Sev	Far	Sag
Sevilla	3.0	3.3	3.6
Faro	3.3	3.6	3.8
Sagres	5.4	5.9	5.5

Tabla 9.21. Comparación de tres estaciones al noroeste de España. Las estaciones se encuentran en zona de topografía compleja y su comparación no da buenos resultados.

	Cor	San	Avi
La Coruña	4.2	3.7	2.4
Santiago de Compostela	4.7	3.8	2.4
Avilés	5.4	4.2	2.8

Tabla 9.22. Comparación de seis estaciones en las Islas Canarias, España. La separación entre estaciones vecinas es de unos 100 km o más.

A pesar de que las estaciones están situadas en el misma altura del régimen de vientos al NE del cinturón de los Alisios, las altas montañas volcánicas influyen fuertemente a la corriente. Es por eso que las intercomparaciones son difíciles. Hay que constatar el hecho de que los datos no han sido corregidos de los efectos de las grandes montañas.

	Pal	Lan	Fue	TRS	Hie	TLR
Las Palmas	7.3	6.1	5.4	6.3	5.4	8.1
Lanzarote	7.2	6.1	5.4	6.4	5.5	8.1
Fuerteventura	8.5	7.1	6.2	6.9	6.5	9.2
Tenerife (R. Sofía)	6.8	5.8	5.1	5.6	5.0	7.3
El Hierro	10.1	8.3	7.2	7.8	7.6	10.5
Tenerife (Los Rodeos)	5.9	5.2	4.5	4.7	4.5	6.2

Tabla 9.23. Comparación de dos estaciones en las Islas Azores, Portugal. Las estaciones están separadas una distancia aproximada de 600 km.

	Flo	San
Flores	4.7	4.3
Santa Maria	6.7	5.8

Tabla 9.24. Comparación de dos estaciones en las Islas Madeira y Porto Santo, Portugal. Las condiciones eólicas en la estación de Funchal se encuentran bajo la influencia de las grandes montañas en Madeira y los datos no han sido corregidos de estos efectos. Por lo tanto, las comparaciones son difíciles.

	Fun	Por
Funchal	5.0	4.1
Porto Santo	5.3	4.6

Tabla 9.25. Comparación de cinco estaciones en Portugal. Las dos estaciones de la costa sur, Faro y Sagres, comparan bien. Las otras estaciones están separadas por cadenas montañosas y por distancias considerables.

	Far	Sag	Sin	Lis	Cab
Faro	3.6	3.8	3.0	4.2	2.9
Sagres	5.9	5.5	4.5	6.2	4.4
Sines	5.2	6.2	4.5	6.8	4.6
Lisboa	3.6	4.0	3.0	4.3	3.0
Cabo Carvoeiro	5.9	7.0	5.1	7.4	4.8

Tabla 9.26. Comparación de tres estaciones en el sur de Italia. Se comparan tres estaciones en Apuglia. Comparan bien y los datos de las estaciones son representativos de la región en la que el paisaje es relativamente no complicado.

	Gio	Bri	Lec
Gioia del Colle	3.6	4.0	3.8
Brindisi	4.2	4.6	4.4
Lecce Galatina	3.5	3.9	3.7

Tabla 9.27. Comparación de dos estaciones en el centro de Italia. Las estaciones comparan bien, pero la región es de vientos flojos.

	Pis	Gro
Pisa	2.2	2.3
Grosseto	2.2	2.3

Tabla 9.28. Comparación de seis estaciones en Cerdeña, Italia. Las tres estaciones pueden separarse en tres grupos: tres estaciones en la parte norte del valle Campidano (Monte Arci, Santa Anna y Cirras), dos estaciones en la parte sur (Cagliari y San Gilla), y Santa Catarina en la costa suroeste de la isla.

En el primer grupo, Monte Arci y Cirras comparan bien, pero Santa Anna se despista considerablemente. El segundo grupo consiste en dos estaciones localizadas a menos de cinco kilómetros entre ellas y comparan bien.

	Mon	Ann	Cir	Cag	Gil	Cat
Monte Arci	5.8	4.8	6.2	7.0	7.2	6.3
Santa Anna	4.4	3.7	4.7	5.4	5.6	4.8
Cirras	4.8	3.9	5.1	5.7	5.8	5.1
Cagliari	3.5	2.9	3.6	4.2	4.3	3.7
San Gilla	4.3	3.5	4.7	5.3	5.6	4.7
Santa Caterina	4.8	4.0	5.0	5.9	6.0	5.3

Tabla 9.29. Comparación de dos estaciones en el oeste de Grecia. Las dos estaciones se encuentran muy alejadas entre ellas y en emplazamientos topográficamente muy distintos con lo que, como era de esperar, no comparan bien.

	Ara	Ker
Araxos	3.7	2.0
Kerkyra	4.1	2.6

Tabla 9.30. Comparación de siete estaciones griegas en el Mar Egeo. Las estaciones cubren una amplia zona y están mayoritariamente situadas en topografía complicada, lo que hace la intercomparación difícil.

	Nax	Lim	Rod	Her	Myt	Ath	The
Naxos	7.0	4.5	5.8	5.6	5.5	4.7	4.3
Limnos (APT)	6.4	5.4	5.4	5.2	5.1	4.8	4.1
Rodos	5.9	4.8	4.8	4.5	4.4	4.2	3.7
Heraklion	6.0	5.5	4.9	4.7	4.6	4.5	3.9
Mytilini	6.8	5.5	4.4	5.0	4.8	4.8	4.1
Athina	5.4	4.6	5.1	4.7	4.6	4.0	3.6
Thessaloniki	5.1	4.2	5.0	4.5	4.2	3.8	3.5

9.2 Convalidación de los mástiles meteorológicos de altura

Las intercomparaciones de las estadísticas calculadas a partir de las estaciones meteorológicas que se acaban de presentar, no nos proporcionan un juicio válido para las predicciones del modelo en el caso de alturas superiores a unas pocas decenas de metros ya que las medidas sinópticas del viento se han tomado a bajas alturas. De todas formas, existen también en Europa y otros lugares, unos cuantos mástiles de altura en los que se han medido datos de viento. Para ilustrar la posibilidad de modelar los cambios de los parámetros de Weibull a alturas superiores, vamos a utilizar los datos procedentes de seis mástiles de altura. Para cada uno de los mástiles, los datos procedentes del nivel inferior de medida se han utilizado para predecir las distribuciones del viento a los niveles superiores. Las tablas que siguen presentan los parámetros de Weibull y las densidades de potencia [Wm^{-2}] para distribuciones medidas y predecidas en cada mástil.

Para los mástiles en Ferrel, Kivenlahti, Näsudden, Risø y Sprogø fueron estudiadas las condiciones de rugosidad del terreno circundante a partir de los mapas topográficos. Para el mástil en Cabaw se disponía de los datos sólo como una distribución frecuencial del viento totalmente independiente del azimut, y los resultados de la asignación para dos rugosidades superficiales asignadas son los que se indican en la tabla.

Tabla 9.31. Mástil en Cabauw, Paises Bajos. Los datos se dan en forma de una tabla de frecuencias que cubre el período de un año, 1978/79. El mástil está situado en una zona rural interior de apariencia abierta en mayor escala. Arboles y setos vecinos tienen una influencia local. Se muestran los resultados para dos clases distintas de rugosidad superficial, siendo la mayor la más realista.

Altura <i>z</i>	Medido			Predecido					
	<i>A</i>	<i>k</i>	<i>E</i>	<i>z</i> ₀ = 5cm			<i>z</i> ₀ = 15cm		
				<i>A</i>	<i>k</i>	<i>E</i>	<i>A</i>	<i>k</i>	<i>E</i>
10 m	4.7	1.79	97	4.7	1.79	98	4.7	1.78	98
40 m	6.5	2.09	218	6.6	1.99	235	6.4	2.06	204
80 m	8.0	2.52	343	7.8	2.19	352	7.5	2.25	312
120 m	9.0	2.47	487	8.6	2.23	473	8.4	2.27	435
200 m	9.9	2.28	698	9.9	2.18	727	9.9	2.21	709

Tabla 9.32. Mástil en Ferrel, Portugal. Los datos cubren un período de dos años, 1977–78. Ferrel está situado en la costa, 10 km al noreste del Cabo Carvoeiro. El mástil se situó a 3.5 km al noreste del pueblo de Ferrel. La distancia al mar es de 300 m hacia el noroeste. Hacia el sureste, el paisaje es ondulado y cubierto de vegetación. Cerca del mástil el terreno lo forman dunas de arena.

Altura <i>z</i>	Medido			Predecido		
	<i>A</i>	<i>k</i>	<i>E</i>	<i>A</i>	<i>k</i>	<i>E</i>
10 m	5.8	1.83	171	5.8	1.83	171
30 m	7.2	2.09	289	7.0	1.94	286
100 m	8.6	2.33	450	8.4	2.04	467

Tabla 9.33. Mástil en Kivenlahti, Finlandia. Los datos cubren los años 1978-79. El mástil se encuentra situado en un bosque espeso, llegando lo alto de los árboles a una altura de 15–20 m. Alrededor del mástil se extiende un área limpia a no más de unas decenas de metros. Se consideran pues una longitud de desplazamiento de 10-m y una rugosidad superficial de 70 cm.

Altura <i>z</i>	Medido			Predecido		
	<i>A</i>	<i>k</i>	<i>E</i>	<i>A</i>	<i>k</i>	<i>E</i>
21 m	3.3	1.56	40	3.4	1.59	44
92 m	6.2	2.09	185	6.3	1.86	218
224 m	8.4	2.02	476	8.0	1.93	438

Tabla 9.34. Mástil en Näsudden, Suecia. Los datos cubren el período 1980–85. El mástil se encuentra en la pequeña península de Näsudden en la isla de Gotland. La distancia hasta el mar Báltico es de un poco más de un kilómetro en las direcciones desde sur hasta suroeste. En el terreno cerca del mástil se encuentran densos arbustos y árboles dispersos. Más alejado del mástil, el terreno es montañoso y con bosque.

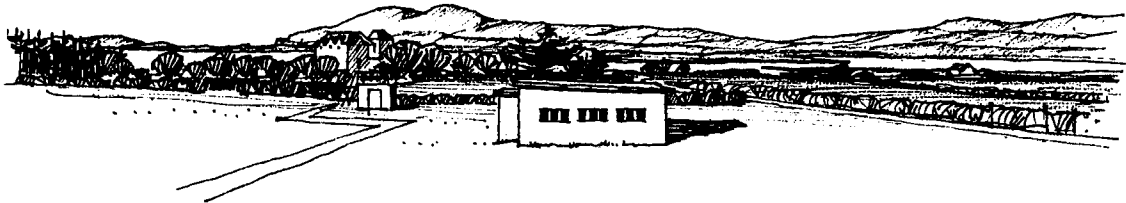
Altura z	Medido				Predecido			
	M	A	k	E	M	A	k	E
10 m	5.1	5.8	1.99	157	5.1	5.7	1.96	154
38 m	7.0	7.8	2.02	381	7.0	7.9	2.10	385
54 m	7.5	8.4	2.10	465	7.7	8.6	2.13	493
75 m	8.0	9.0	2.10	555	8.1	9.1	2.13	585
96 m	8.4	9.5	2.12	647	8.4	9.5	2.12	654
120 m	8.6	9.7	2.13	692	8.8	9.9	2.10	750
145 m	9.1	10.3	2.15	818	9.1	10.3	2.08	845

Tabla 9.35. Mástil en Risø, Dinamarca. Se dispone de datos continuados desde 1957 hasta ahora. Debido al cambio de las alturas de medición y del sistema de adquisición de los datos, se han utilizado aquí los datos de los últimos 10 años, cubriendo el período 1976–86. El terreno circundante es bastante inhomogéneo con el fiordo en el oeste y campo abierto al este.

Altura z	Medido			Predecido		
	A	k	E	A	k	E
11 m	5.4	1.87	135	5.3	1.87	134
27 m	6.7	1.99	249	6.7	1.96	254
43 m	7.5	2.05	332	7.3	2.11	302
76 m	8.3	2.20	428	8.2	2.25	403
117 m	9.1	2.30	536	9.1	2.29	535

Tabla 9.36. Mástil en Sprogø, Dinamarca. Los datos cubren cuatro años (1983-88). El mástil se encuentra en la pequeña isla de Sprogø en medio del Storebælt (Gran Belt). El mástil se encuentra en una larga y estrecha lengua de tierra de sólo 50 m de anchura y que se extiende 300 m al este de la propia isla. Excepto para el sector de 240°-270° el acercamiento al mástil es durante varios kilómetros por mar abierto. La distancia a la isla de Sjælland hacia el este y a Fyn hacia el oeste es de, aproximadamente, 10 km.

Altura z	Medido			Predecido		
	A	k	E	A	k	E
8 m	7.1	2.02	289	7.0	2.01	282
18 m	7.6	2.07	342	7.8	2.14	357
55 m	8.9	2.26	513	8.9	2.33	499
68 m	9.2	2.31	547	9.2	2.31	555



Views from the Valentia Observatory, Ireland

Capítulo 10

Referencias

10.1 Publicaciones citadas en el Atlas

- Beljaars, A.C.M, J.L. Walmsley y P.A. Taylor (1987). A mixed spectral finite-difference model for neutrally stratified boundary-layer flow over roughness changes and topography. *Boundary-Layer Meteorol.* **38**, 273–303.
- Betz, A. (1920). Das Maximum der theoretisch möglichen Ausnützung des Windes durch Windmotoren. *Zeitschrift für das gesamte Turbinenwesen* **26**.
- Businger, J. (1973). Turbulent transfer in the atmospheric surface layer. In: Workshop on Micrometeorology. Ed. by D.A. Haugen. American Meteor. Soc., Boston, Mass. 67–100.
- Børresen, J.A. (1987). Wind atlas for the North Sea and the Norwegian Sea. Norwegian University Press y Norwegian Meteorological Institute, Oslo. 183 pp.
- Charnock, H. (1955). Wind stress on a water surface. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.* **81**, 639–640.
- Christensen, C.J. y J.B. Dragt (editors). Accuracy of power curve measurements. Risø-M-2632. Risø National Laboratory, Denmark, 1986. 80 pp.
- Clarke, R.H. y G.D. Hess (1974). Geostrophic departure and the functions A and B of Rossby-number similarity theory. *Boundary-Layer Meteorol.* **7**, 267–287.
- Courtney, M. S. (1988). An atmospheric turbulence data set for wind turbine research. Wind Energy Conversions 1988. Proc. of the 10th British Wind Energy Association Conference, London 22–24 March. Mechanical Engineering Publications, London, 89–94.
- Dyer, A.J. (1974). A review of flux-profile relationships. *Boundary-Layer Meteorol.* **7**, 363–372.

- Elliot D.L., C.G. Holladay, W.R. Barchet, H.P. Foote y W.F. Sandusky (1986). Wind energy resource atlas of the United States. Solar Technical Information Program, Solar Energy Research Institute, Golden, Colorado. 210 pp.
- Frandsen, S. (1987). On uncertainties in power performance measurements. Sixth ASME Wind Energy Symposium, Dallas, February 15–18, 1987. 157–169.
- Frandsen, S., A.R. Trenka y B. Maribo Pedersen (editors). Expert group study on recommended practices for wind turbine testing and evaluation, 1. Power performance testing. International Energy Agency. 1. edition, 1982. 16 pp.
- Gumbel, E. J. (1958). Statistics of extremes. Columbia University Press, New York. 375 pp.
- Huschke, R.E. (editor). Glossary of meteorology. American Meteorological Society, Boston, Massachusetts. 1959. 638 pp.
- Jackson, P.S. y J.C.R. Hunt (1975). Turbulent wind flow over a low hill. *Quart. J. Roy. Met. Soc.* **101**, 929–955.
- Jensen, N.O, E.L. Petersen y I. Troen (1984). Extrapolation of mean wind statistics with special regard to wind energy applications. World Meteorological Organization, WCP-86. 85 pp.
- Lamb, H.H. (1972). Climate: present, past and future. Vol. 1: Fundamentals and climate now. Methuen & Co Ltd, London. 613 pp.
- Landsberg, H.E. y C.C. Wallén (editors). World survey of climatology. Vol. 5 (1970): Climates of northern and western Europe. 253 pp. Vol. 6 (1977): Climates of central and southern Europe. 248 pp. Elsevier, Amsterdam.
- Larsen S.E., L. Kristensen y K. Frydendahl (1988). Impact of climate variability on wind and solar energy production, on heating consumption and on atmospheric dispersion of pollutants. Risø-R-558. Risø National Laboratory, Denmark. 80 pp.
- Lettau, H. (1969). Note on aerodynamic roughness-parameter estimation on the basis of roughness-element distribution. *J. Appl. Met.* **8**, 828–832.
- Mason, P.J. y J.C. King (1985). Measurements and predictions of flow and turbulence over an isolated hill of moderate slope. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.* **111**, 617–640.
- Meteorological Office (1979). Upper-air summaries 1961–70. Part 1 – Stornoway. Met. O. 910a. 125 pp.
- Oberhettinger, F. (1973). Fourier expansions. A collection of formulas. Academic Press, New York and London. 64 pp.

- Panofsky, H.A. (1973). Tower micrometeorology. In: Workshop on micrometeorology. Ed. D.A. Haugen, American Meteorological Society, Boston, Mass., 151–176.
- Perera, M.D. (1981). Shelter behind two-dimensional solid and porous fences. *J. Wind Engin. and Industrial Aerodyn.* **8**, 93–104.
- Petersen, E.L. (1986). Modelling of site-specific time series of the wind speed. Proceedings of the European Wind Energy Association Conference and Exhibition, Rome, October 7–9, 1986, 225–230.
- Petersen, E.L., I. Troen, S. Frandsen y K. Hedegaard (1981). Windatlas for Denmark. A rational method for wind energy siting. Risø-R-428. Risø National Laboratory, Denmark. 229 pp.
- Petersen, E.L., I. Troen y J. Wieringa (1984). Development of a method for wind climate analysis for non-mountainous terrain in Europe. Proceedings of the European Wind Energy Conference, Hamburg, October 22–26, 1984, 6–12.
- Petersen, E.L. y I. Troen (1986). The European wind atlas. Proceedings of the European Wind Energy Association Conference and Exhibition, Rome, October 7–9, 1986, 191–200.
- Planstyrelsen (1981). Store vindmøller i Danmark. Bind 1-2 (in Danish). Planstyrelsen, Miljøministeriet, København, Denmark.
- Rao, K.S., J.C. Wyngaard y D.R. Coté (1974). The structure of the two-dimensional internal boundary layer over a sudden change of surface roughness. *J. Atmos. Sci.* **26**, 432–440.
- Rosby C.-G. y R.B. Montgomery (1935). The layer of frictional influence in wind and ocean currents. *Papers in Phys. Oceanogr. Meteor.*, MIT and Woods Hole Oceanogr. Inst., III no. 3. 101 pp.
- Rutkis, J. (1971). Tables on relative relief in middle and western Europe. University of Uppsala, Department of Physical Geography, UNGI Rapport 9. 21 pp.
- Sacré, C. (1987). European wind atlas – estimation of the wind speed perturbation over some mountainous regions. Centre Sc. Techn. Bâtiment, Nantes, EN-CLI 87–13. 417 pp.
- Salmon J.R., A.J. Bowen, A.M. Hoff, R. Johnson, R.E. Mickle, P.A. Taylor, G. Tetzlaff y J.L. Walmsley (1987). The Askervein Hill Project: Mean wind variations at fixed height above ground. *Boundary-Layer Meteorol.* **43**, 247–271.
- Sempreviva, A.M., S.E. Larsen, N.G. Mortensen and I. Troen (1990). Response of neutral boundary layers to changes of roughness. *Boundary-Layer Meteorology* **50**: 205–225.

- Taylor, P.A. y H.W. Teunissen (1987). The Askervein Hill Project: Overview and background data. *Boundary-Layer Meteorol.* **39**, 15–39.
- Taylor, P.A., J.L. Walmsley y J.R. Salmon (1983). A simple model of neutrally stratified boundary-layer flow over real terrain incorporating wavenumber-dependent scaling. *Boundary-Layer Meteorol.* **26**, 169–189.
- Troen, I. y A.F. de Baas (1986). A spectral diagnostic model for wind flow simulation in complex terrain. Proceedings of the European Wind Energy Association Conference and Exhibition, Rome, October 7–9, 1986, 243–249.
- Walmsley, J.L., J.R. Salmon y P.A. Taylor (1982). On the application of a model of boundary-layer flow over low hills to real terrain. *Boundary-Layer Meteorol.* **23**, 17–46.
- Wegley H.L., J.V. Ramsdell, M.M. Orgill, R.L. Drake (1980). A siting handbook for small wind energy conversion systems. PNL-2521, Rev 1. Pacific Northwest Laboratory, Richland, Washington. 55 pp.
- Weibull, W. (1951). A statistical distribution function of wide applicability. *J. Appl. Mech.* **18**, 293–297.
- William-Olsson, W. (1974). A map of the relative relief of the western half of Europe, 1:4 000 000. Esselte Map Service, Stockholm.

10.2 Estudios del clima eólico en Europa¹

Cantidad de publicaciones climatológicas existen por todos los países de Europa, la mayoría de ellas publicadas en el idioma original del país. A partir de estas fuentes puede sacarse información de distintas variables del clima, como por ejemplo la temperatura, la precipitación y la radiación solar. Desafortunadamente, la climatología eólica es casi siempre omitida o ampliamente resumida y presentada únicamente en forma de rosas de viento y medias mensuales de los vientos medidos. A pesar de estos inconvenientes, estas publicaciones pueden dar información suplementaria a la del Atlas Eólico.

Algunos datos de viento no incluidos en el Atlas, como por ejemplo las estadísticas de los vientos extremos, pueden encontrarse en las publicaciones de climatología eólica que se indican abajo. La primera lista se ha ordenado en cuanto a los temas y da pequeñas referencias país a país (la referencia bibliográfica completa se halla en la segunda lista). En la segunda lista se dan las publicaciones para cada país ordenadas alfabéticamente.

¹Recopilados por J. Wieringa, Royal Netherlands Meteorological Institute.

Referencias sobre climatología eólica por temas y por país

Promedios de vientos superficiales

Alemania (FRG):	Christoffer y Ulbricht-Eissing (1989)
Bélgica:	Malet (1978)
Dinamarca:	Larsen y Jensen (1983)
Francia:	Duchêne-Marullaz (1977)
Grecia:	Carapiperis (1970), Metaxas (1973), Lalas et al. (1983)
Irlanda:	Rohan (1986)
Italia:	Lavagnini et al. (1982, 1983, 1985)
Países Bajos:	Wieringa y Rijkoort (1983), Wieringa (1986)
Reino Unido:	Caton (1976)
Todos los países europeos:	Landsberg y Wallén (1970, 1977)

Distribución frecuencial de vientos en superficie

Las distribuciones que dan una clasificación en más de 12 clases de Beaufort, no se han incluido en la lista. En cambio, sí se han incluido las publicaciones de los parámetros de Weibull.

Alemania (FRG):	Christoffer y Ulbricht-Eissing (1989)
Bélgica:	Bodeux (1977), Malet (1978)
Dinamarca:	Frydendahl (1971), Petersen et al. (1981)
Francia:	Duchêne-Marullaz (1977) Chémery y Duchêne-Marullaz (1987)
Grecia:	Galanis (1977), Lalas et al. (1983)
Irlanda:	Butler y Farley (1973), Rohan (1986)
Italia:	Lavagnini et al. (1982, 1983, 1985)
Países Bajos:	Wieringa y Rijkoort (1983)
Reino Unido:	Shellard (1968)

Otras estadísticas de vientos en superficie

Alemania (FRG):	Christoffer y Ulbricht-Eissing (1989)
Dinamarca:	Frydendahl (1971), Larsen y Jensen (1983)
Francia:	Chémery y Duchêne-Marullaz (1987)
Italia:	Lavagnini y Martorelli (1987)
Países Bajos:	Wieringa y Rijkoort (1983)
Reino Unido:	Cook (1985)

Estadísticas de vientos para distintas alturas

Alemania (FRG):	Frankenberger (1968), Fiedler (1970) Manier y Benesch (1977), Tetzlaff et al. (1984) Christoffer y Ulbricht-Eissing (1989) Wieringa (1989)
Bélgica:	Van der Auwera et al. (1980)
Dinamarca:	Petersen et al. (1981), Larsen y Jensen (1983)
Francia:	Dettwiller (1969)
Países Bajos:	Wieringa (1988, 1989)

Vientos extremos, tornados, etc.

Alemania (FRG):	Schmidt (1980), Schroers y Lösslein (1983) Böllmann y Jurksch (1984), Duensing et al. (1985)
Bélgica:	Sneyers y Van Diepenbeeck (1982)
Dinamarca:	Jensen y Franck (1970)
Francia:	Chémery y Duchêne-Marullaz (1987)
Irlanda:	Logue (1975), Rohan (1986)
Italia:	Palmieri y Pulcini (1979), Gaudiosi et al. (1985)
Países Bajos:	Rijkoort (1983), Wieringa y Rijkoort (1983) Wieringa (1986)
Reino Unido:	Hardman et al. (1973), Meaden (1976), Cook (1985) Cook y Prior (1987)
Todos los países europeos:	Ferry Borges y Castanheta (1973), Berz (1980)

Selección de estudios con datos de vientos locales

Alemania (FRG):	Franken (1962), Cappel y Kalb (1976) Kalb y Schmidt (1977), Schäfer (1982), Lefebvre et al. (1983) Bätjer y Heinemann (1983), Höschele y Kalb (1988)
España	Adell et al. (1985, 1987), Catalunya (1985)
Francia	Bordreuil et al. (1973), Orioux y Pouget (1984) Delaunay (1984), Delaunay y Sacré (1985) Ascensio (1985)
Grecia:	Livadas y Sahsamangolou (1973), Lalas (1985) Katsoulis y Kambezidis (1986), Dikaiakos (1986)
Irlanda:	DHI (1976)
Italia:	Bassani et al. (1986), D'Alessandro et al. (1981) Flocchini et al. (1983), Fantuzi (1987)
Países Bajos:	Van der Hoeven (1975) Van der Hoeven y Van Vliet (1986), Oemraw (1982–1986)
Portugal:	Mendes y Coelho (1987)
Reino Unido:	Smith (1982)

Información de revistas

Alemania (FRG)	Kant (1980)
Francia:	Desroziere y Vivier (1985)
Países Bajos:	Wieringa (1983)
Reino Unido:	Collingbourne (1978)
Todos los países europeos:	Landsberg y Wallén (1970, 1977)

Listado de publicaciones por países**Alemania (FRG)**

Böllmann, G. y G. Jurksch (1984). Ein Beitrag zur Festlegung der Grundwind- und Nennböengeschwindigkeit im Binnenland der Bundesrepublik Deutschland für die DIN-Norm 1055, Teil 4. *Meteor. Rundschau* 37, 1–10.

Christoffer, J. y M. Ulbricht-Eissing (1989). Die bodennahen Windverhältnisse in der Bundesrepublik Deutschland, Ber. D. Wetterd. 147.

Das Klima ausgewählter Orte der Bundesrepublik Deutschland

- Hamburg (Cappel, A. y M. Kalb (1976). Ber. D. Wetterd. 141)
- Hannover (Kalb, M. y H. Schmidt (1977). Ber. D. Wetterd. 143)
- München (Schäfer, P.J. (1982). Ber. D. Wetterd. 159)
- Bremen (Bätjer, D. y H.J. Heinemann (1983). Ber. D. Wetterd. 164)
- Karlsruhe (Höschele, K. y M. Kalb (1988). Ber. D. Wetterd. 174)

Duensing, G., O. Höflich, L. Kaufeld, H. Schmidt, G. Olbrück y B. Brandt (1985). Meteorologische Untersuchungen über Stürme an der deutschen Nordseeküste. Seewetteramt D. Wetterd. 108.

Fiedler, F. (1970). Klimawerte zur Temperatur- und Windschichtung in den untersten 50 m der Atmosphäre. *Meteor. Inst. Univ. München Wiss. Mitt.* 18.

Franken, E. (1962). Über den Geländeeinfluss auf Windrichtung und Windgeschwindigkeit im Raum Hamburg. Seewetteramt D. Wetterd. 34.

Frankenberger, E. (1968). Untersuchungen über Intensität, Häufigkeit und Struktur von Starkwinden über Quickborn in Holstein. *Meteor. Rundschau* 21, 65–69.

Kant, V. (1980). Die räumliche Verteilung der Beobachtungsstationen in der Bundesrepublik Deutschland, ihre Nichtbesetzung während der Nacht sowie an Sonn- und Feiertagen, und die resultierende Problematik. *Ann. Meteor.* 16, 169–170.

Lefebvre, C., G. Jurksch, H. Schmidt, B. Morgeneyer y M. Ulbricht-Eissing (1983). Die Verhältnisse in der Bundesrepublik Deutschland in Hinblick auf die Nützung der Windkraft (insbesondere Verbundnetzplanung). Ber. D. Wetterd. 165.

Manier, G. y W. Benesch (1977). Häufigkeitsverteilungen der Windgeschwindigkeit bis 250 m Höhe für die Bundesrepublik Deutschland. *Meteor. Rundschau* **30**, 144–152.

Schmidt, H. (1980). Zur Extrapolation empirische Verteilungen der Windgeschwindigkeit für Standorte in Flachland und auf freier See. *Meteor. Rundschau* **33**, 129–137.

Schroers, H. y H. Lösslein (1983). Extremwertextrapolation und Windprofile bei Starkwind und Sturm. *Meteor. Rundschau* **36**, 205–213

Tetzlaff, G., S. Theunert, A. Hoff, H. Laude, H.J. Belitz y R. Beyer (1984). Meteorologische Messungen zur Standortwahl für Windenergieanlagen im Küstengebiet. B. Min. Forsch. Tech. FB-T 84–017.

Bélgica

Bodeux, A. (1977). La vitesse et la direction du vent en Belgique; de windsnelheid en windrichting in België. Roy. Meteor. Inst. Publ. B 42.

Malet, L.M. (1978). Elements d'appréciation de l'énergie éolienne en Belgique. Roy. Meteor. Inst. Publ. B 95.

Sneyers, R. y M. Van Diepenbeeck (1982). L'orientation des pointes maximales du vent en Belgique. Roy. Meteor. Inst. Publ. B 114.

Van der Auwera, L., F. De Meyer y L.M. Malet (1980). The use of the Weibull three-parameter model for estimating mean wind power densities. *J. Appl. Met.* **19**, 819–825.

Dinamarca

Frydendahl, K. (1971). The climate of Denmark I: Wind standard normals 1931–1960. Clim. Pap. 1, Danish Meteor. Inst., Copenhagen.

Jensen, M. y N. Franck (1970). The climate of strong winds in Denmark. Danish Techn. Press, Copenhagen.

Larsen, S.E. y N.O. Jensen (1983). Summary and interpretation of some Danish climate statistics. Risø–R–399. Risø National Laboratory, Denmark. 76 pp.

Petersen, E.L., I. Troen, S. Frandsen y K. Hedegaard (1981). Windatlas for Denmark. A rational method for wind energy siting. Risø–R–428. Risø National Laboratory, Denmark. 229 pp.

España

Adell, L., R. Zubiaur y P. Moreno (1985). Estudio del potencial eólico en Asturias. *Bol. Cien. Nat. IDEA* 35, 3–26.

Adell, L., R. Zubiaur, F. Martín, F. Ferrando, P. Moreno, L. Varona y A. Pantoja (1987). Development of a methodology for the estimation of wind energy resources in relatively large areas: application to the eastern and central parts of Spain. *Solar Energy* 38, 281–295.

Catalunya, Atlas éolic – resultats del primer any (Octubre 84 a Novembre 85). Dir. Gen. Energia, Barcelona. ISBN 84–393–0766–7.

Francia

Ascensio, N. et al. (1985–). Eléments climatologiques concernant les côtes de la France métropolitaine. 8 volumes. Météo. Nation. Données et Statistiques 8.

Bordreuil, C., A. Barbia y P. Conte (1973). Vents de nord-ouest et “mistral” à Marseille de 1882 à 1970. Monogr. Météo. Nation. 88.

Chémery, L. y P. Duchêne-Marullaz (1987). Atlas climatique de la construction. Centre Sc. Techn. Bâtiment, Nantes. 182 pp.

Delaunay, D. (1984). Cartographie régionale de l'énergie éolienne – application à la Bretagne. Centre Sc. Techn. Bâtiment, Nantes. EN-CLI 84–20.

Delaunay, D. y C. Sacré (1985). Cartographie du potentiel éolien en zone montagneuse – application à la Corse. Centre Sc. Techn. Bâtiment, Nantes. EN-CLI 85–2.

Desroziers, M. y J.F. Vivier (1985). Catalogue des données météo pour la France disponibles sur fichier informatisé. Météo. Nation. Mes & Obs. No 9.

Dettwiller, J. (1969). Le vent au sommet de la Tour Eiffel. Monogr. 64, Météorologie Nationale, Boulogne-Billancourt.

Duchêne-Marullaz, P. (1977). Distributions statistiques et cartographie des vitesses moyennes de vent en France; applications à l'énergie éolienne. Centre Sc. Techn. Bâtiment, Nantes. EN-CLI 77–1.

Orieux, A. y E. Pouget (1984). Le mistral. Monogr. Météo. Nation. 5.

Grecia

Carapiperis, L.N. (1970). Geographical distribution of intensity of Etesian winds in the Aegean sea. Hupom. Ethn. Asterosc. Athin. II–22.

- Dikaiakos, J.G. (1986). The law of evolution of wind speed over central Athens during the period 1908–1981. *J. Meteor.* **11**, 113–116.
- Galani, N. (1977). The production of electricity from the wind: a preliminary feasibility study for Greece. *Wind Engin.* **1**, 241–249.
- Katsoulis, B.D. y H.F.D. Kambezidis (1986). Surface winds and horizontal mesoscale wind spectra in Athens, Greece. *Il Nuovo Cimento* **9 C**, 1093–1109.
- Lalas, D.P., H. Tselepidaki y G. Theoharatos (1983). An analysis of wind power potential in Greece. *Solar Energy* **30**, 497–505.
- Lalas, D.P. (1985). Wind energy estimation and siting in complex terrain. *Internat. J. Solar Energy* **3**, 43–71.
- Livadas, G.C. y C.S. Sahsamanogolou (1973). Wind in Thessaloniki, Greece. Publ. Meteor. Inst. Univ. Thessaloniki 35.
- Metaxas, D.A. (1973). Air-sea-interaction in the Greek seas and resulting Etesian wind characteristics. Univ. Ioannina Dept. Phys. Math. 5.

Irlanda

- Butler P. y B.C. Farley (1973). Surface wind over Ireland 1961–1970. Meteor. Serv. Dublin Clim. Note 2.
- Deutsche Hydrograph. Institut (1976). Handbuch für Bristol Channel und die Süd- und Westküste Irlands. Klima und Wetter, Teil B, (Naturverhältnisse), 47–75.
- Logue, J.J. (1975). Extreme wind speeds in Ireland for periods ending in 1974. Meteor. Serv. Dublin Techn. Note 41.
- Rohan, P.K. (1986). The climate of Ireland (2nd edition). Stationery Office, Dublin.

Italia

- Bassani, S., G. Botta y R. Castagna (1986). Risultati acquisiti nella gestione della rete anemometrica attivata nell'ambito del progetto Vele. ENEL Rassegna Tecnica di Problemi dell'Energia Elettrica **3-4**, 38–67.
- D'Alessandro, L., L. Davoli y A. Giallombardo (1981). Regime anemometrico del litorale tirrenico della Calabria. *Riv. Meteor. Aeron.* **41**, 137–151.
- Fantuzi, A. (1987). L'energia eolica nelle Marche. *Riv. Meteor. Aeron.* **47**, 17–26.
- Flocchini, G., V. Pasquale y V. Sciarrone (1983). Wind energy conversion over the Ligurian Apennines. *Arch. Meteor. Geoph. Biokl. B* **32**, 253–261.

- Gaudiosi, G., D. Montani y L. Pirazzi (1985). Exceptional wind events in Italy. Proc. Delphi Workshop Wind Energ. Appl., Reidel, Dordrecht, 113-122.
- Lavagnini, A., G. Stellato y F. Fisauli (1982). Calcolo della potenzialità eolica per 48 località italiane. *Energie Alternative* 4, 30-39.
- Lavagnini, A. y G. Stellato (1983). Rappresentazione analitica delle distribuzioni di velocità del vento. *Energie Alternative* 5, 35-41.
- Lavagnini, A., A.M. Sempreviva y G. Tosato (1985). Studio dell'errore introdotto dalla incompletezza dei dati nel calcolo dell'energia eolica. *Energie Alternative* 7, 212-218.
- Lavagnini, A. y S. Martorelli (1987). Wind persistence in 135 Italian localities. *Il Nuovo Cimento* 10 C, 651-667.
- Palmieri, S. y A. Pulcini (1979). Trombe d'aria sull'Italia. *Riv. Meteor. Aeron.* 39, 263-277.

Países Bajos

- Oemraw, B. (1982-1986). Stationsbeschrijvingen windwaarneming
- Schiphol, 1937-1980. Roy. Neth. Meteor. Inst. T.R. 5a (1982)
- Leeuwarden (VB), 1949-1980. Roy. Neth. Meteor. Inst. T.R. 28 (1982)
- Eindhoven (VB), 1949-1980. Roy. Neth. Meteor. Inst. T.R. 29 (1982)
- Den Helder, 1843-1972, en De Kooy, 1955-1980. Roy. Neth. Meteor. Inst. T.R. 42 (1984).
- IJmuiden, 1919-1980. Roy. Neth. Meteor. Inst. T.R. 73 (1985).
- Eelde, 1945-1980. Roy. Neth. Meteor. Inst. T.R. 78 (1985).
- Terschelling, 1949-1980. Roy. Neth. Meteor. Inst. T.R. 86 (1986).
- Rijkoort, P.J. (1983). A compound Weibull model for the description of surface wind velocity distributions. Roy. Neth. Meteor. Inst. Sc. R. 83-13.
- Van der Hoeven, P.C.T. (1975). Windmetingen in het Deltagebied. Roy. Neth. Meteor. Inst. Sc. R. 75-5.
- Van der Hoeven, P.C.T. y G. Van Vliet (1986). Eindrapport Deltaonderzoek. Roy. Neth. Meteor. Inst. Publ. 169.
- Wieringa, J. (1983). Overzicht van publikaties over het Nederlands windklimaat. Roy. Neth. Meteor. Inst. T.R. 41.
- Wieringa, J. (1986). Roughness-dependent geographical interpolation of surface wind speed averages. *Quart. J. Roy. Met. Soc.* 112, 867-889.
- Wieringa, J. (1988). Kartering van Nederland's windklimaat boven 40 m hoogte. Proc. Nation. Wind Energy Conf., Energie Anders, Rotterdam, 102-106.

Wieringa, J. (1989). Shapes of annual frequency distributions of wind speed observed on high meteorological masts. *Boundary-Layer Meteorol.* **47**, 85–110.

Wieringa, J. y P.J. Rijkoort (1983). Windklimaat van Nederland. Publ. Staatsuitgeverij, Den Haag. 263 pp.

Portugal

Mendes, J.C., Coelho, M.F. (1987). Potencialidades da energia eólica. I: Vila do Bispo. II: Aljezur. Monogr. Meteor. Geof., Serv. Meteor. Lisboa, 1 & 2.

Reino Unido

Caton, P.G.F. (1976). Maps of hourly wind speed over the United Kingdom 1965–1973. Met. Off. Clim. Memo 79.

Collingbourne, R.H. (1978). Wind data available in the Meteorological Office. *J. Industr. Aerodyn.* **3**, 145–155.

Cook, N.J. (1985a). The assessment of design wind speed data: manual worksheets with ready-reckoner tables. Rep. Build. Res. Est., Garston, Watford. ISBN 0 85 125 1765.

Cook, N.J. (1985b). The designer's guide to wind loading of building structures. Part 1: Background, damage survey, wind data and structural classification. Rep. Build. Res. Est., Garston, Watford. Butterworths, U.K.

Cook, N.J. y M.J. Prior (1987). Extreme wind climate of the United Kingdom. *J. Wind Engin. Industrial Aerodyn.* **26**, 371–389.

Hardman, C.E., N.C. Helliwell y J.S. Hopkins (1973). Extreme wind speed over the United Kingdom for periods ending 1971. Met. Off. Clim. Memo 50A.

Meaden, G.T. (1976). Tornadoes in Britain: their intensities and distribution in space and time. *J. Meteor.* **1**, 242–251.

Shellard, H.C. (1968). Tables of surface wind speed and direction over the United Kingdom for 1950–1959. HMSO Met. Off. 792.

Smith, S.G. (1982). An index of windiness for the United Kingdom. *Meteor. Mag.* **111**, 232–247.

Todos los países europeos

Berz, G. (1980). Das Trombenrisiko in Europa nach Untersuchungen Alfred Wegeners. *Ann. Meteor.* **15**, 74–76.

Ferry Borges, J. y M. Castanheta (1973). Wind in Western Europe. Lab. Noc. Eng. Civ. Lisboa Proc. 34/13/4047.

Landsberg, H.E. y C.C. Wallén (editors). World Survey of Climatology. Elsevier, Amsterdam. Vol. **5** (1970). Climates of Northern and Western Europe. 253 pp. Vol. **6** (1977). Climates of Central and Southern Europe. 248 pp.

Apéndice A

Lista de símbolos

Un vector se indica por ' \vec{x} ', un apóstrofo ' x' ' significa desviación del valor medio y una barra ' \bar{x} ' indica valor medio. A continuación, se incluyen algunas de las abreviaciones utilizadas en el texto.

a	pendiente de las funciones ψ respecto al estado neutro
A	parámetro de escala en la distribución de Weibull, constante empírica en la ley de resistencia aerodinámica geostrófica ($= A(0)$)
$A(\mu)$	función empírica en la ley de resistencia aerodinámica geostrófica
A_H	área horizontal para un elemento de rugosidad
A_R	área del rotor, área barrida
b	constante
B	constante empírica en la ley de resistencia aerodinámica geostrófica ($= B(0)$)
$B(\mu)$	función empírica en la ley de resistencia aerodinámica geostrófica
c	anchura constante de la zona costera
c_p	calor específico del aire a presión constante
c_j^n	jésimo cero de la n ésima función de Bessel ($J_n(c_j^n) = 0$)
$C_p(u)$	eficiencia para la velocidad del viento u
$C_p(u_m)$	eficiencia máxima
C, Cor	factores de corrección
D	distancia, ángulo del viento
E	longitud este, coordenada este de UTM
E	densidad de potencia media disponible (corriente energética)
$E(u)$	densidad de potencia media disponible a la velocidad del viento u
$\exp(x)$	función exponencial
f	parámetro de Coriolis, frecuencia de aparición

f_E	factor de conversión para la densidad de energía
f_u	factor de conversión para la velocidad del viento
$f(u)$	distribución de Weibull (función de densidad de distribución)
$f(z)$	función del perfil de velocidad
F	factor de forma
$F(u)$	distribución de Weibull (función acumulativa de probabilidad)
$F_A(k)$	función tabulada en el Apéndice B, Tabla B.6
$F_E(k)$	función tabulada en el Apéndice B, Tabla B.2
$F_k(M^2/\overline{u^2})$	función tabulada en el Apéndice B, Tabla B.5
$F_M(k)$	función tabulada en el Apéndice B, Tabla B.3
$F_u(k)$	función tabulada en el Apéndice B, Tabla B.4
g	aceleración de la gravedad
G	velocidad del viento geostrófico
$G_k(\alpha)$	función tabulada en el Apéndice B, Tabla B.7
GMT	Tiempo del Meridiano de Greenwich
h	altura del elemento de rugosidad, obstáculo, colina, y capa fronteriza interna
H	altura, altura del buje
H_0	flujo de calor en superficie
i	índice, unidad imaginaria, intensidad de turbulencia
IBL	capa fronteriza interna
j	índice
J_n	función de Bessel de n ésimo orden
k	parámetro de forma de la distribución de Weibull, índice
K	coeficiente
ℓ	distancia, altura del máximo incremento relativo de la velocidad
L	distancia, longitud, mitad de la anchura de una colina, longitud de Monin-Obukhov
$\ln(x)$	función del logaritmo neperiano
m	constante
M	valor medio
m s.n.m.	Metros sobre el nivel del mar
m s.n.s.	Metros sobre el nivel del suelo
$\max(x, y)$	valor máximo entre x e y
$\min(x, y)$	valor mínimo entre x e y
n	índice
N	latitud norte, Coordenada norte de UTM

P	potencia media (promedio a gran escala), porosidad de un obstáculo
p.e.	por ejemplo
P_{max}	potencia nominal
$P(u)$	potencia media a la velocidad del viento u
Pr	probabilidad
$Pr(u)$	función densidad de probabilidad
r	índice, radio
rms	raíz cuadrática media
rpm	revoluciones por minuto
R	radio
R_1, R_2	factores de reducción por resguardo
Ro	número de Rossby superficial
s	índice, pendiente de la curva de potencia
s.n.s.	Altura sobre el nivel del suelo
s.n.m.	Altura sobre el nivel del mar
S	desviación típica, sección transversal
t	tiempo
T	período de tiempo, temperatura absoluta
T_0	temperatura absoluta superficial
u	velocidad del viento, componente horizontal de la velocidad del viento (eje- x)
\vec{u}	vector velocidad del viento
u_m	velocidad del viento a la que la eficiencia del aerogenerador es máxima
u_p	velocidad del viento correspondiente a la potencia P
u_0	velocidad de referencia del viento
u_*	velocidad de rozamiento
u_{*0}	velocidad de rozamiento superficial
$u(z)$	velocidad del viento a la altura z
$\overline{u^2}$	valor cuadrático medio de la velocidad del viento
UTC	Coordenadas del Tiempo Universal (iguales a GMT)
UTM	Universal Transverse Mercator
v	componente horizontal de la velocidad del viento (eje- y)
w	factor de ponderación, componente vertical de la velocidad del viento (eje- z)
w_0	velocidad vertical del viento inducida por el terreno
W	longitud oeste
W	factor de ponderación

x	distancia
z	altura por encima del suelo
z_m	altura de la mínima varianza de la velocidad del viento
z_0	parámetro de aspereza
z_0^R	parámetro de aspereza ponderado en una región
α	velocidad del viento dividida por A , ángulo, constante
β	constante
$\gamma(x, y)$	función gamma incompleta
$\Gamma(x)$	función gamma
Δ	operador diferencia, error relativo, factor de ponderación, offset
ΔS	aumento relativo de la velocidad ($\Delta S = (u_2 - u_1)/u_1$)
ΔS_H	aumento relativo de la velocidad a la altura H
∇	operador gradiente
η	constante, función
θ	ángulo de paso
κ	constante de von Kármán (= 0.4)
λ	longitud
μ	parámetro de estabilidad
ν	viscosidad cinemática
ρ	densidad del aire
σ	desviación típica
τ	tensión superficial
ϕ	latitud, ángulo, azimut
χ	potencial
ψ	función empírica de estabilidad en el perfil de vientos

Apéndice B

Tablas auxiliares

Tabla B.1. Densidad del aire ρ [kg m^{-3}] como función de la altitud z [m] y temperatura media (-25 to 40°C) a la misma altitud z . Se toma para el decrecimiento de la temperatura un valor de 6.5 K km^{-1} y una presión al nivel del mar de 1013.25 mb .

z	-5	0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	1.316	1.292	1.269	1.247	1.225	1.204	1.184	1.164	1.145	1.127
100	1.300	1.276	1.254	1.232	1.211	1.190	1.170	1.151	1.133	1.115
200	1.283	1.260	1.238	1.217	1.196	1.176	1.157	1.138	1.120	1.103
300	1.267	1.245	1.223	1.202	1.182	1.163	1.144	1.126	1.108	1.091
400	1.251	1.230	1.208	1.188	1.169	1.150	1.131	1.113	1.096	1.079
z	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30	35
500	1.258	1.236	1.214	1.194	1.174	1.155	1.136	1.118	1.101	1.084
600	1.242	1.220	1.199	1.179	1.160	1.141	1.123	1.106	1.089	1.072
700	1.226	1.205	1.185	1.165	1.146	1.128	1.110	1.093	1.077	1.061
800	1.210	1.190	1.170	1.151	1.133	1.115	1.098	1.081	1.065	1.049
900	1.195	1.175	1.156	1.138	1.120	1.102	1.085	1.069	1.053	1.038
z	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30
1000	1.200	1.180	1.161	1.142	1.124	1.106	1.089	1.073	1.057	1.042
1100	1.184	1.165	1.146	1.128	1.111	1.094	1.077	1.061	1.045	1.030
1200	1.169	1.151	1.132	1.115	1.097	1.081	1.065	1.049	1.034	1.019
1300	1.154	1.136	1.118	1.101	1.084	1.068	1.052	1.037	1.022	1.008
1400	1.140	1.122	1.105	1.088	1.072	1.056	1.040	1.025	1.011	0.997
z	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25
1500	1.143	1.125	1.108	1.091	1.075	1.059	1.043	1.028	1.014	1.000
1600	1.128	1.111	1.094	1.078	1.062	1.046	1.031	1.017	1.003	0.989
1700	1.114	1.097	1.081	1.065	1.049	1.034	1.019	1.005	0.991	0.978
1800	1.100	1.083	1.067	1.052	1.037	1.022	1.008	0.994	0.980	0.967
1900	1.086	1.070	1.054	1.039	1.024	1.010	0.996	0.983	0.969	0.957
z	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20
2000	1.088	1.072	1.056	1.041	1.026	1.012	0.998	0.985	0.971	0.959
2100	1.074	1.058	1.043	1.028	1.014	1.000	0.987	0.973	0.961	0.948
2200	1.060	1.045	1.030	1.016	1.002	0.988	0.975	0.962	0.950	0.938
2300	1.046	1.031	1.017	1.003	0.990	0.977	0.964	0.951	0.939	0.927
2400	1.033	1.018	1.005	0.991	0.978	0.965	0.953	0.941	0.929	0.917

Tabla B.2. Tabla de $F_E(k)$. Tabla para calcular la densidad total de energía en el viento a partir de los parámetros de Weibull A y k (Ec.. 5.4). El valor de $F_E(k)$ se halla en la tabla entrando valores del parámetro k . Con los dos primeros dígitos del valor de k escogemos la fila de la tabla que nos corresponde, y la columna la dará el tercer dígito. Si se toma para la densidad del aire un valor de 1.225 kg m^{-3} , entonces la densidad de potencia expresada en $[\text{kWh m}^{-2} \text{y}^{-1}]$ será $E = A^3 F_E(k)$.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.0	32.220	31.044	29.940	28.902	27.926	27.006	26.139	25.321	24.547	23.816
1.1	23.123	22.467	21.845	21.254	20.692	20.159	19.651	19.167	18.706	18.266
1.2	17.846	17.445	17.062	16.696	16.345	16.009	15.687	15.379	15.082	14.798
1.3	14.525	14.263	14.011	13.768	13.535	13.310	13.093	12.885	12.683	12.489
1.4	12.302	12.121	11.946	11.777	11.614	11.456	11.304	11.156	11.013	10.874
1.5	10.740	10.610	10.484	10.361	10.243	10.128	10.016	9.907	9.802	9.699
1.6	9.600	9.503	9.409	9.318	9.229	9.142	9.058	8.976	8.896	8.818
1.7	8.742	8.668	8.596	8.526	8.457	8.390	8.325	8.261	8.199	8.139
1.8	8.080	8.022	7.965	7.910	7.856	7.804	7.752	7.702	7.653	7.604
1.9	7.557	7.511	7.466	7.422	7.379	7.337	7.296	7.255	7.215	7.177
2.0	7.139	7.101	7.065	7.029	6.994	6.960	6.926	6.893	6.860	6.829
2.1	6.797	6.767	6.737	6.707	6.679	6.650	6.622	6.595	6.568	6.542
2.2	6.516	6.491	6.466	6.441	6.417	6.394	6.370	6.348	6.325	6.303
2.3	6.282	6.260	6.239	6.219	6.199	6.179	6.159	6.140	6.121	6.102
2.4	6.084	6.066	6.049	6.031	6.014	5.997	5.980	5.964	5.948	5.932
2.5	5.917	5.901	5.886	5.871	5.857	5.842	5.828	5.814	5.800	5.787
2.6	5.773	5.760	5.747	5.735	5.722	5.710	5.697	5.685	5.673	5.662
2.7	5.650	5.639	5.628	5.617	5.606	5.595	5.584	5.574	5.564	5.554
2.8	5.544	5.534	5.524	5.514	5.505	5.496	5.486	5.477	5.468	5.460
2.9	5.451	5.442	5.434	5.425	5.417	5.409	5.401	5.393	5.385	5.378
3.0	5.370	5.362	5.355	5.348	5.340	5.333	5.326	5.319	5.312	5.306
3.1	5.299	5.292	5.286	5.279	5.273	5.267	5.261	5.255	5.248	5.243
3.2	5.237	5.231	5.225	5.219	5.214	5.208	5.203	5.197	5.192	5.187
3.3	5.182	5.176	5.171	5.166	5.161	5.156	5.152	5.147	5.142	5.137
3.4	5.133	5.128	5.124	5.119	5.115	5.111	5.106	5.102	5.098	5.094
3.5	5.090	5.086	5.082	5.078	5.074	5.070	5.066	5.062	5.059	5.055
3.6	5.051	5.048	5.044	5.041	5.037	5.034	5.030	5.027	5.024	5.020
3.7	5.017	5.014	5.011	5.008	5.005	5.002	4.998	4.995	4.993	4.990
3.8	4.987	4.984	4.981	4.978	4.976	4.973	4.970	4.967	4.965	4.962
3.9	4.960	4.957	4.955	4.952	4.950	4.947	4.945	4.942	4.940	4.938

Tabla B.3. Tabla de $F_M(k)$. Tabla para el cálculo del valor medio a partir de los parámetros de Weibull, A y k (Eq. 5.7). El valor de $F_M(k) = \Gamma(1 + 1/k)$ se halla en la tabla entrando valores del parámetro k . Con los dos primeros dígitos del valor de k escogemos la fila de la tabla que nos corresponde, y la columna la dará el tercer dígito. El valor medio será $M = AF_M(k)$, expresado en las unidades $[m s^{-1}]$. Notar que el valor de $F_M(k)$ varía muy ligeramente y puede tomarse como constante de valor 0.888.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.0	1.000	0.996	0.992	0.988	0.984	0.981	0.977	0.974	0.971	0.968
1.1	0.965	0.962	0.959	0.957	0.954	0.952	0.949	0.947	0.945	0.943
1.2	0.941	0.939	0.937	0.935	0.933	0.931	0.930	0.928	0.927	0.925
1.3	0.924	0.922	0.921	0.919	0.918	0.917	0.916	0.915	0.914	0.912
1.4	0.911	0.910	0.909	0.909	0.908	0.907	0.906	0.905	0.904	0.903
1.5	0.903	0.902	0.901	0.901	0.900	0.899	0.899	0.898	0.898	0.897
1.6	0.897	0.896	0.896	0.895	0.895	0.894	0.894	0.893	0.893	0.893
1.7	0.892	0.892	0.892	0.891	0.891	0.891	0.890	0.890	0.890	0.890
1.8	0.889	0.889	0.889	0.889	0.888	0.888	0.888	0.888	0.888	0.888
1.9	0.887	0.887	0.887	0.887	0.887	0.887	0.887	0.886	0.886	0.886
2.0	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886
2.1	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886
2.2	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886
2.3	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886
2.4	0.886	0.887	0.887	0.887	0.887	0.887	0.887	0.887	0.887	0.887
2.5	0.887	0.887	0.887	0.888	0.888	0.888	0.888	0.888	0.888	0.888
2.6	0.888	0.888	0.888	0.889	0.889	0.889	0.889	0.889	0.889	0.889
2.7	0.889	0.889	0.890	0.890	0.890	0.890	0.890	0.890	0.890	0.890
2.8	0.890	0.891	0.891	0.891	0.891	0.891	0.891	0.891	0.891	0.892
2.9	0.892	0.892	0.892	0.892	0.892	0.892	0.892	0.893	0.893	0.893
3.0	0.893	0.893	0.893	0.893	0.894	0.894	0.894	0.894	0.894	0.894
3.1	0.894	0.894	0.895	0.895	0.895	0.895	0.895	0.895	0.895	0.896
3.2	0.896	0.896	0.896	0.896	0.896	0.896	0.896	0.897	0.897	0.897
3.3	0.897	0.897	0.897	0.897	0.898	0.898	0.898	0.898	0.898	0.898
3.4	0.898	0.899	0.899	0.899	0.899	0.899	0.899	0.899	0.899	0.900
3.5	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900	0.901	0.901	0.901	0.901
3.6	0.901	0.901	0.901	0.902	0.902	0.902	0.902	0.902	0.902	0.902
3.7	0.902	0.903	0.903	0.903	0.903	0.903	0.903	0.903	0.904	0.904
3.8	0.904	0.904	0.904	0.904	0.904	0.904	0.905	0.905	0.905	0.905
3.9	0.905	0.905	0.905	0.905	0.906	0.906	0.906	0.906	0.906	0.906

Tabla B.4. Tabla de $F_u(k)$. Tabla para el cálculo de la velocidad cuadrática media a partir de los parámetros de Weibull A y k (Eq. 5.7). El valor para $F_u(k) = \Gamma(1 + 2/k)$ se halla en la tabla entrando valores del parámetro k . Con los dos primeros dígitos del valor de k escogemos la fila de la tabla que nos corresponde, y la columna la dará el tercer dígito. La velocidad cuadrática media, expresada en unidades $[m^2s^{-2}]$ es pues $\overline{u^2} = A^2F_u(k)$.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.0	2.000	1.964	1.930	1.897	1.865	1.835	1.806	1.779	1.752	1.727
1.1	1.702	1.679	1.657	1.635	1.614	1.594	1.575	1.556	1.538	1.521
1.2	1.505	1.489	1.473	1.458	1.444	1.430	1.416	1.403	1.390	1.378
1.3	1.366	1.355	1.344	1.333	1.322	1.312	1.302	1.293	1.284	1.275
1.4	1.266	1.257	1.249	1.241	1.233	1.226	1.218	1.211	1.204	1.197
1.5	1.191	1.184	1.178	1.172	1.166	1.160	1.154	1.149	1.143	1.138
1.6	1.133	1.128	1.123	1.118	1.114	1.109	1.105	1.100	1.096	1.092
1.7	1.088	1.084	1.080	1.076	1.073	1.069	1.066	1.062	1.059	1.055
1.8	1.052	1.049	1.046	1.043	1.040	1.037	1.034	1.031	1.029	1.026
1.9	1.023	1.021	1.018	1.016	1.013	1.011	1.009	1.007	1.004	1.002
2.0	1.000	0.998	0.996	0.994	0.992	0.990	0.988	0.986	0.984	0.983
2.1	0.981	0.979	0.977	0.976	0.974	0.972	0.971	0.969	0.968	0.966
2.2	0.965	0.963	0.962	0.961	0.959	0.958	0.957	0.955	0.954	0.953
2.3	0.952	0.951	0.949	0.948	0.947	0.946	0.945	0.944	0.943	0.942
2.4	0.941	0.940	0.939	0.938	0.937	0.936	0.935	0.934	0.933	0.932
2.5	0.931	0.931	0.930	0.929	0.928	0.927	0.927	0.926	0.925	0.924
2.6	0.924	0.923	0.922	0.921	0.921	0.920	0.919	0.919	0.918	0.918
2.7	0.917	0.916	0.916	0.915	0.915	0.914	0.914	0.913	0.912	0.912
2.8	0.911	0.911	0.910	0.910	0.909	0.909	0.909	0.908	0.908	0.907
2.9	0.907	0.906	0.906	0.905	0.905	0.905	0.904	0.904	0.903	0.903
3.0	0.903	0.902	0.902	0.902	0.901	0.901	0.901	0.900	0.900	0.900
3.1	0.899	0.899	0.899	0.898	0.898	0.898	0.898	0.897	0.897	0.897
3.2	0.897	0.896	0.896	0.896	0.896	0.895	0.895	0.895	0.895	0.894
3.3	0.894	0.894	0.894	0.894	0.893	0.893	0.893	0.893	0.893	0.892
3.4	0.892	0.892	0.892	0.892	0.892	0.891	0.891	0.891	0.891	0.891
3.5	0.891	0.890	0.890	0.890	0.890	0.890	0.890	0.890	0.890	0.889
3.6	0.889	0.889	0.889	0.889	0.889	0.889	0.889	0.889	0.888	0.888
3.7	0.888	0.888	0.888	0.888	0.888	0.888	0.888	0.888	0.888	0.887
3.8	0.887	0.887	0.887	0.887	0.887	0.887	0.887	0.887	0.887	0.887
3.9	0.887	0.887	0.887	0.887	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886

Tabla B.5. Tabla de F_k . Tabla de F_k para el cálculo del parámetro k de Weibull a partir del valor medio y del valor cuadrático medio en la distribución de Weibull (Eq. 5.9). Con los dos primeros dígitos del valor de $M^2/\overline{u^2}$ escogemos la fila de la tabla que nos corresponde, y la columna la dará el tercer dígito para obtener k .

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.60	1.232	1.232	1.236	1.240	1.244	1.244	1.248	1.252	1.252	1.256
0.61	1.260	1.264	1.264	1.268	1.271	1.271	1.275	1.279	1.283	1.283
0.62	1.287	1.291	1.295	1.295	1.299	1.303	1.307	1.307	1.311	1.314
0.63	1.318	1.318	1.322	1.326	1.330	1.334	1.334	1.338	1.342	1.346
0.64	1.346	1.350	1.354	1.357	1.361	1.365	1.365	1.369	1.373	1.377
0.65	1.381	1.381	1.385	1.389	1.393	1.396	1.400	1.404	1.404	1.408
0.66	1.412	1.416	1.420	1.424	1.428	1.432	1.432	1.436	1.439	1.443
0.67	1.447	1.451	1.455	1.459	1.463	1.467	1.467	1.471	1.475	1.479
0.68	1.482	1.486	1.490	1.494	1.498	1.502	1.506	1.510	1.514	1.518
0.69	1.521	1.525	1.529	1.533	1.537	1.541	1.545	1.549	1.553	1.557
0.70	1.561	1.564	1.568	1.572	1.576	1.580	1.584	1.588	1.592	1.600
0.71	1.604	1.607	1.611	1.615	1.619	1.623	1.627	1.631	1.639	1.643
0.72	1.646	1.650	1.654	1.658	1.662	1.670	1.674	1.678	1.682	1.686
0.73	1.693	1.697	1.701	1.705	1.709	1.717	1.721	1.725	1.729	1.736
0.74	1.740	1.744	1.752	1.756	1.760	1.764	1.771	1.775	1.779	1.787
0.75	1.791	1.795	1.803	1.807	1.814	1.818	1.822	1.830	1.834	1.842
0.76	1.846	1.850	1.857	1.861	1.869	1.873	1.881	1.885	1.893	1.896
0.77	1.904	1.908	1.916	1.920	1.928	1.936	1.939	1.947	1.951	1.959
0.78	1.967	1.971	1.979	1.982	1.990	1.998	2.006	2.010	2.018	2.025
0.79	2.029	2.037	2.045	2.053	2.057	2.064	2.072	2.080	2.088	2.096
0.80	2.100	2.107	2.115	2.123	2.131	2.139	2.146	2.154	2.162	2.170
0.81	2.178	2.186	2.193	2.201	2.209	2.217	2.225	2.232	2.244	2.252
0.82	2.260	2.268	2.275	2.287	2.295	2.303	2.311	2.322	2.330	2.338
0.83	2.350	2.357	2.365	2.377	2.385	2.396	2.404	2.416	2.424	2.436
0.84	2.447	2.455	2.467	2.475	2.486	2.498	2.510	2.518	2.529	2.541
0.85	2.553	2.564	2.576	2.588	2.600	2.611	2.623	2.635	2.646	2.658
0.86	2.670	2.682	2.693	2.709	2.721	2.732	2.748	2.760	2.771	2.787
0.87	2.799	2.814	2.830	2.842	2.857	2.873	2.885	2.900	2.916	2.932
0.88	2.947	2.963	2.979	2.994	3.010	3.029	3.045	3.061	3.080	3.096
0.89	3.115	3.131	3.150	3.166	3.186	3.205	3.225	3.244	3.264	3.283
0.90	3.303	3.322	3.346	3.365	3.389	3.408	3.432	3.455	3.479	3.502

Tabla B.6. Tabla de $F_A(k)$. Tabla para el cálculo del parámetro A de Weibull a partir del valor medio y del valor cuadrático medio (Eq. 5.9). El valor de $F_A(k) = 1/\Gamma(1 + 1/k)$ se obtiene en la tabla para distintos valores del parámetro k . Con los dos primeros dígitos del valor de k escogemos la fila de la tabla que nos corresponde, y la columna la dará el tercer dígito. El parámetro A de Weibull, expresado en las unidades $[m s^{-1}]$ es ahora $A = \bar{u}F_A(k)$. Notar la poca variación del valor de $F_A(k)$ con lo que es aceptable el tomar un valor constante de 1.126.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.0	1.000	1.004	1.008	1.012	1.016	1.020	1.023	1.027	1.030	1.033
1.1	1.036	1.039	1.042	1.045	1.048	1.051	1.053	1.056	1.058	1.061
1.2	1.063	1.065	1.068	1.070	1.072	1.074	1.076	1.077	1.079	1.081
1.3	1.083	1.084	1.086	1.088	1.089	1.091	1.092	1.093	1.095	1.096
1.4	1.097	1.098	1.100	1.101	1.102	1.103	1.104	1.105	1.106	1.107
1.5	1.108	1.109	1.109	1.110	1.111	1.112	1.113	1.113	1.114	1.115
1.6	1.115	1.116	1.117	1.117	1.118	1.118	1.119	1.119	1.120	1.120
1.7	1.121	1.121	1.122	1.122	1.122	1.123	1.123	1.124	1.124	1.124
1.8	1.124	1.125	1.125	1.125	1.126	1.126	1.126	1.126	1.127	1.127
1.9	1.127	1.127	1.127	1.127	1.128	1.128	1.128	1.128	1.128	1.128
2.0	1.128	1.128	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129
2.1	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129
2.2	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129
2.3	1.129	1.129	1.129	1.129	1.129	1.128	1.128	1.128	1.128	1.128
2.4	1.128	1.128	1.128	1.128	1.128	1.128	1.127	1.127	1.127	1.127
2.5	1.127	1.127	1.127	1.127	1.127	1.126	1.126	1.126	1.126	1.126
2.6	1.126	1.126	1.126	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125	1.125
2.7	1.125	1.124	1.124	1.124	1.124	1.124	1.124	1.123	1.123	1.123
2.8	1.123	1.123	1.123	1.123	1.122	1.122	1.122	1.122	1.122	1.122
2.9	1.121	1.121	1.121	1.121	1.121	1.121	1.120	1.120	1.120	1.120
3.0	1.120	1.120	1.120	1.119	1.119	1.119	1.119	1.119	1.119	1.118
3.1	1.118	1.118	1.118	1.118	1.118	1.117	1.117	1.117	1.117	1.117
3.2	1.117	1.116	1.116	1.116	1.116	1.116	1.115	1.115	1.115	1.115
3.3	1.115	1.115	1.114	1.114	1.114	1.114	1.114	1.114	1.113	1.113
3.4	1.113	1.113	1.113	1.113	1.112	1.112	1.112	1.112	1.112	1.112
3.5	1.111	1.111	1.111	1.111	1.111	1.111	1.110	1.110	1.110	1.110
3.6	1.110	1.110	1.109	1.109	1.109	1.109	1.109	1.109	1.108	1.108
3.7	1.108	1.108	1.108	1.108	1.107	1.107	1.107	1.107	1.107	1.107
3.8	1.106	1.106	1.106	1.106	1.106	1.106	1.105	1.105	1.105	1.105
3.9	1.105	1.105	1.105	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.104	1.103

Tabla B.7. Tabla de $G_k(\alpha)$. Tabla para el cálculo de la potencia media (Ec. 6.4). El valor de $G_k(\alpha) = 1/k \cdot \gamma(1/k, \alpha^k)$ se encuentra en la tabla para distintos valores de α y k . La fila de la tabla que nos corresponde la da el valor de α , y la columna el de k .

	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.05	0.049	0.049	0.049	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050
0.10	0.095	0.096	0.097	0.098	0.098	0.099	0.099	0.099	0.099	0.100	0.100
0.15	0.139	0.141	0.143	0.145	0.146	0.147	0.147	0.148	0.148	0.149	0.149
0.20	0.181	0.185	0.187	0.190	0.192	0.193	0.194	0.195	0.196	0.197	0.197
0.25	0.221	0.226	0.230	0.233	0.236	0.238	0.240	0.241	0.243	0.244	0.245
0.30	0.259	0.265	0.270	0.274	0.278	0.281	0.284	0.286	0.288	0.290	0.291
0.35	0.295	0.303	0.309	0.314	0.319	0.323	0.326	0.329	0.332	0.334	0.336
0.40	0.330	0.338	0.345	0.352	0.358	0.363	0.367	0.371	0.374	0.377	0.380
0.45	0.362	0.372	0.380	0.388	0.395	0.400	0.406	0.410	0.414	0.418	0.421
0.50	0.393	0.404	0.414	0.422	0.430	0.436	0.443	0.448	0.453	0.457	0.461
0.55	0.423	0.435	0.445	0.455	0.463	0.471	0.478	0.484	0.489	0.495	0.499
0.60	0.451	0.464	0.475	0.485	0.495	0.503	0.511	0.518	0.524	0.530	0.535
0.65	0.478	0.491	0.503	0.514	0.524	0.533	0.542	0.550	0.557	0.563	0.569
0.70	0.503	0.517	0.530	0.542	0.552	0.562	0.571	0.579	0.587	0.594	0.601
0.75	0.528	0.542	0.555	0.568	0.579	0.589	0.599	0.608	0.616	0.623	0.630
0.80	0.551	0.566	0.579	0.592	0.604	0.614	0.624	0.634	0.642	0.650	0.658
0.85	0.573	0.588	0.602	0.615	0.627	0.638	0.648	0.658	0.667	0.675	0.683
0.90	0.593	0.609	0.623	0.637	0.649	0.660	0.671	0.681	0.690	0.698	0.706
0.95	0.613	0.629	0.643	0.657	0.669	0.681	0.691	0.701	0.711	0.719	0.727
1.00	0.632	0.648	0.662	0.676	0.688	0.700	0.711	0.721	0.730	0.739	0.747
1.05	0.650	0.666	0.680	0.694	0.706	0.718	0.728	0.738	0.747	0.756	0.764
1.10	0.667	0.683	0.697	0.710	0.723	0.734	0.744	0.754	0.763	0.772	0.780
1.15	0.683	0.699	0.713	0.726	0.738	0.749	0.759	0.769	0.778	0.786	0.794
1.20	0.699	0.714	0.728	0.740	0.752	0.763	0.773	0.782	0.791	0.799	0.807
1.25	0.713	0.728	0.742	0.754	0.765	0.776	0.786	0.795	0.803	0.811	0.818
1.30	0.727	0.742	0.755	0.767	0.778	0.788	0.797	0.806	0.814	0.821	0.828
1.35	0.741	0.755	0.767	0.779	0.789	0.799	0.808	0.816	0.823	0.830	0.836
1.40	0.753	0.767	0.779	0.790	0.800	0.809	0.817	0.825	0.832	0.838	0.844
1.45	0.765	0.778	0.790	0.800	0.809	0.818	0.826	0.833	0.839	0.845	0.851

Tabla B.7. Tabla de $G_k(\alpha)$ (continuación).

	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
1.50	0.777	0.789	0.800	0.809	0.818	0.826	0.833	0.840	0.846	0.851	0.856
1.55	0.788	0.799	0.809	0.818	0.826	0.834	0.840	0.846	0.852	0.857	0.861
1.60	0.798	0.809	0.818	0.826	0.834	0.841	0.847	0.852	0.857	0.861	0.865
1.65	0.808	0.818	0.826	0.834	0.841	0.847	0.852	0.857	0.861	0.865	0.869
1.70	0.817	0.826	0.834	0.841	0.847	0.853	0.857	0.862	0.865	0.869	0.872
1.75	0.826	0.834	0.842	0.848	0.853	0.858	0.862	0.866	0.869	0.872	0.874
1.80	0.835	0.842	0.848	0.854	0.859	0.863	0.866	0.869	0.872	0.874	0.877
1.85	0.843	0.849	0.855	0.859	0.863	0.867	0.870	0.872	0.875	0.877	0.878
1.90	0.850	0.856	0.861	0.865	0.868	0.871	0.873	0.875	0.877	0.878	0.880
1.95	0.858	0.862	0.866	0.869	0.872	0.874	0.876	0.877	0.879	0.880	0.881
2.00	0.865	0.868	0.872	0.874	0.876	0.877	0.878	0.879	0.880	0.881	0.882
2.05	0.871	0.874	0.876	0.878	0.879	0.880	0.881	0.881	0.882	0.882	0.883
2.10	0.878	0.880	0.881	0.882	0.882	0.883	0.883	0.883	0.883	0.883	0.884
2.15	0.884	0.885	0.885	0.885	0.885	0.885	0.885	0.884	0.884	0.884	0.884
2.20	0.889	0.889	0.889	0.888	0.888	0.887	0.886	0.885	0.885	0.885	0.885
2.25	0.895	0.894	0.893	0.891	0.890	0.889	0.887	0.886	0.886	0.885	0.885
2.30	0.900	0.898	0.896	0.894	0.892	0.890	0.889	0.887	0.886	0.886	0.885
2.35	0.905	0.902	0.899	0.897	0.894	0.892	0.890	0.888	0.887	0.886	0.885
2.40	0.909	0.906	0.902	0.899	0.896	0.893	0.891	0.889	0.887	0.886	0.886
2.45	0.914	0.909	0.905	0.901	0.897	0.894	0.891	0.889	0.888	0.886	0.886
2.50	0.918	0.913	0.908	0.903	0.899	0.895	0.892	0.890	0.888	0.887	0.886
2.55	0.922	0.916	0.910	0.905	0.900	0.896	0.893	0.890	0.888	0.887	0.886
2.60	0.926	0.919	0.912	0.906	0.901	0.897	0.893	0.890	0.888	0.887	0.886
2.65	0.929	0.922	0.914	0.908	0.902	0.898	0.894	0.891	0.889	0.887	0.886
2.70	0.933	0.924	0.916	0.909	0.903	0.898	0.894	0.891	0.889	0.887	0.886
2.75	0.936	0.927	0.918	0.911	0.904	0.899	0.895	0.891	0.889	0.887	0.886
2.80	0.939	0.929	0.920	0.912	0.905	0.899	0.895	0.891	0.889	0.887	0.886
2.85	0.942	0.931	0.921	0.913	0.906	0.900	0.895	0.892	0.889	0.887	0.886
2.90	0.945	0.933	0.923	0.914	0.906	0.900	0.895	0.892	0.889	0.887	0.886
2.95	0.948	0.935	0.924	0.915	0.907	0.900	0.895	0.892	0.889	0.887	0.886
3.00	0.950	0.937	0.925	0.915	0.907	0.901	0.896	0.892	0.889	0.887	0.886
3.05	0.953	0.939	0.926	0.916	0.908	0.901	0.896	0.892	0.889	0.887	0.886
3.10	0.955	0.940	0.927	0.917	0.908	0.901	0.896	0.892	0.889	0.887	0.886
3.15	0.957	0.942	0.928	0.917	0.908	0.901	0.896	0.892	0.889	0.887	0.886
3.20	0.959	0.943	0.929	0.918	0.909	0.902	0.896	0.892	0.889	0.887	0.886
∞	1.000	0.965	0.941	0.924	0.911	0.903	0.897	0.892	0.889	0.887	0.886

Tabla B.7. Tabla de $G_k(\alpha)$ (continuación).

	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0
0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.05	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050
0.10	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
0.15	0.149	0.149	0.149	0.149	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150
0.20	0.197	0.198	0.198	0.199	0.199	0.199	0.199	0.199	0.199	0.200	0.200
0.25	0.245	0.246	0.246	0.247	0.247	0.248	0.248	0.248	0.249	0.249	0.249
0.30	0.291	0.292	0.294	0.294	0.295	0.296	0.296	0.297	0.297	0.298	0.298
0.35	0.336	0.338	0.339	0.341	0.342	0.343	0.344	0.345	0.345	0.346	0.346
0.40	0.380	0.382	0.384	0.386	0.387	0.389	0.390	0.391	0.392	0.393	0.394
0.45	0.421	0.424	0.427	0.429	0.431	0.433	0.435	0.436	0.438	0.439	0.440
0.50	0.461	0.465	0.468	0.471	0.474	0.476	0.478	0.480	0.482	0.483	0.485
0.55	0.499	0.503	0.507	0.511	0.514	0.517	0.520	0.522	0.524	0.526	0.528
0.60	0.535	0.540	0.544	0.549	0.552	0.556	0.559	0.562	0.565	0.567	0.570
0.65	0.569	0.574	0.580	0.584	0.589	0.593	0.596	0.600	0.603	0.606	0.609
0.70	0.601	0.607	0.612	0.618	0.622	0.627	0.631	0.635	0.639	0.642	0.645
0.75	0.630	0.637	0.643	0.649	0.654	0.659	0.664	0.668	0.672	0.676	0.680
0.80	0.658	0.665	0.671	0.677	0.683	0.688	0.693	0.698	0.703	0.707	0.711
0.85	0.683	0.690	0.697	0.704	0.710	0.715	0.721	0.726	0.731	0.735	0.739
0.90	0.706	0.714	0.721	0.728	0.734	0.740	0.745	0.751	0.756	0.761	0.765
0.95	0.727	0.735	0.742	0.749	0.756	0.762	0.767	0.773	0.778	0.783	0.788
1.00	0.747	0.755	0.762	0.769	0.775	0.781	0.787	0.793	0.798	0.803	0.808
1.05	0.764	0.772	0.779	0.786	0.792	0.799	0.804	0.810	0.815	0.820	0.825
1.10	0.780	0.788	0.795	0.801	0.808	0.814	0.819	0.825	0.830	0.834	0.839
1.15	0.794	0.801	0.808	0.815	0.821	0.827	0.832	0.837	0.842	0.847	0.851
1.20	0.807	0.814	0.820	0.827	0.832	0.838	0.843	0.848	0.852	0.857	0.861
1.25	0.818	0.825	0.831	0.837	0.842	0.847	0.852	0.857	0.861	0.865	0.869
1.30	0.828	0.834	0.840	0.845	0.851	0.855	0.860	0.864	0.868	0.872	0.875
1.35	0.836	0.842	0.848	0.853	0.858	0.862	0.866	0.870	0.874	0.877	0.880
1.40	0.844	0.849	0.854	0.859	0.863	0.867	0.871	0.875	0.878	0.881	0.884
1.45	0.851	0.856	0.860	0.864	0.868	0.872	0.875	0.878	0.881	0.884	0.887

Tabla B.7. Tabla de $G_k(\alpha)$ (continuación).

	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0
1.50	0.856	0.861	0.865	0.869	0.872	0.875	0.878	0.881	0.884	0.886	0.889
1.55	0.861	0.865	0.869	0.872	0.875	0.878	0.881	0.883	0.886	0.888	0.890
1.60	0.865	0.869	0.872	0.875	0.878	0.881	0.883	0.885	0.887	0.889	0.891
1.65	0.869	0.872	0.875	0.878	0.880	0.882	0.884	0.886	0.888	0.890	0.892
1.70	0.872	0.875	0.877	0.879	0.882	0.884	0.885	0.887	0.889	0.891	0.892
1.75	0.874	0.877	0.879	0.881	0.883	0.885	0.886	0.888	0.889	0.891	0.893
1.80	0.877	0.879	0.880	0.882	0.884	0.885	0.887	0.888	0.890	0.891	0.893
1.85	0.878	0.880	0.882	0.883	0.884	0.886	0.887	0.889	0.890	0.891	0.893
1.90	0.880	0.881	0.883	0.884	0.885	0.886	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
1.95	0.881	0.882	0.883	0.884	0.885	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
2.00	0.882	0.883	0.884	0.885	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
2.05	0.883	0.884	0.884	0.885	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
2.10	0.884	0.884	0.885	0.885	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
2.15	0.884	0.884	0.885	0.885	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
2.20	0.885	0.885	0.885	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
2.25	0.885	0.885	0.885	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
2.30	0.885	0.885	0.885	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
2.35	0.885	0.885	0.885	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
2.40	0.886	0.885	0.885	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
2.45	0.886	0.885	0.886	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
2.50	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
2.55	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
2.60	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
2.65	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
2.70	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
2.75	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
2.80	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
2.85	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
2.90	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
2.95	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
3.00	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
3.05	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
3.10	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
3.15	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
3.20	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893
∞	0.886	0.886	0.886	0.886	0.886	0.887	0.888	0.889	0.890	0.892	0.893

Tabla B.7. Tabla de $G_k(\alpha)$ (continuación).

	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0
0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.05	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050
0.10	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
0.15	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150
0.20	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
0.25	0.249	0.249	0.249	0.249	0.249	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250
0.30	0.298	0.298	0.298	0.299	0.299	0.299	0.299	0.299	0.299	0.299	0.300
0.35	0.346	0.347	0.347	0.347	0.348	0.348	0.348	0.348	0.349	0.349	0.349
0.40	0.394	0.394	0.395	0.396	0.396	0.396	0.397	0.397	0.397	0.398	0.398
0.45	0.440	0.441	0.442	0.443	0.443	0.444	0.445	0.445	0.446	0.446	0.446
0.50	0.485	0.486	0.487	0.489	0.490	0.490	0.491	0.492	0.493	0.493	0.494
0.55	0.528	0.530	0.531	0.533	0.534	0.535	0.537	0.538	0.539	0.539	0.540
0.60	0.570	0.572	0.574	0.575	0.577	0.579	0.580	0.582	0.583	0.584	0.585
0.65	0.609	0.611	0.614	0.616	0.618	0.620	0.622	0.623	0.625	0.627	0.628
0.70	0.645	0.648	0.651	0.654	0.656	0.659	0.661	0.663	0.665	0.667	0.669
0.75	0.680	0.683	0.686	0.689	0.692	0.695	0.697	0.700	0.702	0.704	0.706
0.80	0.711	0.715	0.718	0.722	0.725	0.728	0.731	0.734	0.736	0.739	0.741
0.85	0.739	0.744	0.747	0.751	0.755	0.758	0.761	0.764	0.767	0.770	0.773
0.90	0.765	0.769	0.774	0.777	0.781	0.785	0.788	0.791	0.795	0.798	0.801
0.95	0.788	0.792	0.796	0.801	0.804	0.808	0.812	0.815	0.818	0.822	0.825
1.00	0.808	0.812	0.816	0.820	0.824	0.828	0.832	0.835	0.839	0.842	0.845
1.05	0.825	0.829	0.833	0.837	0.841	0.845	0.849	0.852	0.855	0.858	0.861
1.10	0.839	0.843	0.847	0.851	0.855	0.859	0.862	0.866	0.869	0.872	0.875
1.15	0.851	0.855	0.859	0.863	0.866	0.870	0.873	0.876	0.879	0.882	0.885
1.20	0.861	0.865	0.868	0.872	0.875	0.878	0.881	0.884	0.887	0.890	0.892
1.25	0.869	0.872	0.876	0.879	0.882	0.885	0.888	0.890	0.893	0.895	0.897
1.30	0.875	0.878	0.882	0.884	0.887	0.890	0.892	0.895	0.897	0.899	0.901
1.35	0.880	0.883	0.886	0.888	0.891	0.893	0.896	0.898	0.900	0.902	0.903
1.40	0.884	0.886	0.889	0.891	0.894	0.896	0.898	0.900	0.901	0.903	0.905
1.45	0.887	0.889	0.891	0.893	0.895	0.897	0.899	0.901	0.902	0.904	0.906

Tabla B.7. Tabla de $G_k(\alpha)$ (continuación).

	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0
1.50	0.889	0.891	0.893	0.895	0.897	0.898	0.900	0.902	0.903	0.905	0.906
1.55	0.890	0.892	0.894	0.896	0.897	0.899	0.900	0.902	0.903	0.905	0.906
1.60	0.891	0.893	0.895	0.896	0.898	0.899	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
1.65	0.892	0.893	0.895	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
1.70	0.892	0.894	0.895	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
1.75	0.893	0.894	0.895	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
1.80	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
1.85	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
1.90	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
1.95	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
2.00	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
2.05	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
2.10	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
2.15	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
2.20	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
2.25	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
2.30	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
2.35	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
2.40	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
2.45	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
2.50	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
2.55	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
2.60	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
2.65	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
2.70	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
2.75	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
2.80	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
2.85	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
2.90	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
2.95	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
3.00	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
3.05	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
3.10	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
3.15	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
3.20	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906
∞	0.893	0.894	0.896	0.897	0.898	0.900	0.901	0.902	0.904	0.905	0.906

Apéndice C

Criterios de selección y cuestionario

Los criterios adoptados en el estudio para la selección de las estaciones y las series de datos se describen a continuación en su formato original. Los comentarios de pie de página en las figuras se refieren a los comentarios hechos en la Sección C.5.

C.1 Requisitos para los datos

Los datos que se necesitan en el análisis son series temporales de velocidad y dirección del viento, nubosidad y altura máxima de las nubes, cubriendo un período de diez años. Se pidió a cada uno de los países participantes que proporcionara los datos requeridos, para unas cuantas estaciones de observación cuidadosamente seleccionadas. La densidad de estaciones necesaria es de una a cuatro estaciones por cada 250×250 km cuadrados, siendo seleccionadas según los criterios que se listan a continuación.

El éxito del análisis depende fuertemente de la calidad de los datos de viento, lo que requiere en primer lugar que el terreno que rodea al anemómetro pueda ser descrito como uniforme para alguno de los sectores de dirección (ver abajo), y que no se encuentren grandes accidentes orográficos en un entorno de 50-100 km¹).

La experiencia demuestra que para realizar una buena evaluación de la calidad de los datos de una estación determinada se requiere una entrevista con el personal responsable de la recogida local de los datos y del mantenimiento de los instrumentos, preferiblemente con una visita al lugar de medidas. El cuestionario que se reproduce en la sección C.3 debe ser tomado como un mínimo requerimiento en una entrevista de este tipo.

C.2 Criterios para la selección de los observatorios del viento

1. Acceso libre del viento al anemómetro y anemómetro bien situado, lejos de posibles distorsiones del viento debidas a árboles, edificios, y otras estructuras. El lugar debe ser razonablemente llano o suavemente ondulado, evitando así aceleraciones locales inducidas por el terreno.

En los casos en los que no es posible prescindir de estaciones en las que se sospecha que el viento puede ser distorsionado y el anemómetro resguardado por obstáculos cercanos, entonces se pide una descripción bien detallada de la situación del anemómetro dentro de su entorno (punto número 10 del cuestionario). Esto se refiere principalmente a anemómetros situados en la cubierta de algún edificio o a una distancia inferior a 30 veces la altura de un gran edificio.

2. A una distancia de 1-2 km, el terreno debería poder ser descrito como homogéneo (en cada uno de los 4-8 sectores de dirección) en lo que a la vegetación y a las características del terreno se refiere (es decir, al parámetro de aspereza) excepto en el caso de que el cambio que se dé, esté bien definido. En los casos en los que las características superficiales sean distintas, la calidad de los datos para el análisis es degradada.
3. Para distancias superiores a los 2 km, los requisitos de simplicidad en las características superficiales tienen mucha menos importancia, excepto para el caso de grandes accidentes orográficos que no deben aparecer hasta distancias de, aproximadamente, 50 km. Si se sabe que el viento que llega al anemómetro está bajo la influencia de algún accidente orográfico cercano, es mejor descartar esta estación ³⁾.
4. Los datos deben registrarse consecutivamente con intervalos no superiores a tres horas. Los datos de las velocidades del viento deben presentarse en forma de promedios de desde 10-min hasta una hora.
5. Debe poder disponerse de registros adecuados sobre los parámetros relevantes (ver a continuación), cubriendo preferiblemente los diez años o más. De esta forma, interrupciones, como pueden ser las debidas a fallos de los instrumentos, en series de datos de buena calidad no son muy perjudiciales para el análisis.
Es preferible que los datos correspondan a diez años en el período 1970-1981.
6. La disponibilidad de observaciones de nubosidad junto con datos de velocidad y dirección del viento permiten el cálculo de un índice de estabilidad⁴⁾.

C.3 Cuestionario para los lugares de observación

1. Nombre de la estación
2. País
3. Situación (preferiblemente latitud y longitud)
4. Período de medidas (dar el tiempo de inicio y fin)
5. ¿Dispone la estación de un equipo automático de grabación de las medias de la velocidad y la dirección del viento? Describir los instrumentos. Si no, dar una breve descripción de la observación práctica (por ejemplo, lecturas de una banda registradora, etc.)
6. Más información acerca de las estaciones (por ejemplo, el cambio en el sistema de observación o el cambio de localización de los instrumentos durante el período)
7. Período de promediado de la velocidad del viento (minutos)
8. Intervalo de muestreo para cada parámetro (minutos)
9. Altura del anemómetro por encima de la superficie (metros)
10. Descripción de la localización del anemómetro: Si es posible, sería interesante disponer de una serie fotográfica que mostrase el mástil meteorológico y las vecinidades de la estación vistas desde ella en todas las direcciones. Debería conseguirse también un croquis de un entorno de radio de unos 2 km desde la estación, en donde figuraran con el máximo detalle posible, los edificios, el tipo de terreno (campos de hierba, bosques, etc.). Para el caso de aeropuertos, el mapa interesante sería el de las cartas de navegación ICAO. Los accidentes geográficos dominantes a distancias superiores a los 5 km, deben ser comentados. Hay que añadir a esta información un mapa de detalles orográficos hasta, aproximadamente, unos 100 km lejos de la estación⁵).
11. Más información acerca de los datos, calidad o composición.

C.4 Composición de los datos

1. Descripción escrita del lugar de medida según se indica en el cuestionario, incluyendo posibles factores de corrección.
2. Cinta magnética con la totalidad de las series temporales de cada una de las estaciones seleccionadas con la información siguiente:

No. estación (entero nnn)

Tiempo según el formato de año, mes, día, hora (en GMT) (entero: aammddhh)

Velocidad del viento en 0.1 m s^{-1} (entero: uuu)

Dirección en grados (entero: DDD)

Temperatura en 0.1° Celsius (entero: $\pm TTT$)⁶⁾

Cubertura del cielo en octavos (entero: N)⁶⁾

Techo de las nubes en 100-pies (entero: CCC)⁶⁾

Factor de corrección de exposición (si se dispone de él) en tanto por ciento (entero: EEE)⁶⁾

Los datos deberían preferiblemente cubrir el período de 10 años y en cualquier caso, más de tres años. Los datos deben proporcionarse para cada tres horas y la velocidad del viento debería tenerse, preferiblemente, en promedios de 10-min. Si faltan datos, esto debe indicarse rellenando el espacio con *'s. Cada registro debe tener la forma siguiente:

aammddhhuuuDDD \pm TTTNCCEEE

Las cintas deben ajustarse a las siguientes especificaciones:

800 or 1600 bpi

9 pistas

paridad impar

longitud de registro fija (25 caracteres)

longitud de bloque fija

código EBCDIC o ASCII

C.5 Comentarios acerca de los criterios de selección y del cuestionario

Se listan a continuación las enmiendas y los cambios realizados en los criterios de selección y en el cuestionario durante el estudio. Las principales razones que han provocado las enmiendas han sido la inclusión de estaciones en terreno complejo y cambios hechos en los modelos del análisis del Atlas Eólico.

La primera selección de estaciones para el estudio proporcionó 50 estaciones que seguían estrictamente los criterios de selección. En la segunda selección, muchas de las estaciones no respondían a todos los requisitos. Algunas de ellas se escogieron por razones de cobertura de datos, otras para incluir el caso de estadísticas de viento en topografía compleja o para comprobar la validez y las limitaciones del método del Atlas Eólico.

- 1) Si en las vecindades de la estación había accidentes orográficos considerables, la estación se ha incluido en la clasificación de terrenos tipo 3 a 5.
- 2) El modelo de cambio de rugosidad se ha ampliado a la posibilidad de calcular hasta 10 cambios de rugosidad en cada sector.
- 3) Según el criterio en 1)
- 4) Los datos de nubosidad no fueron utilizados en el modelo final.
- 5) Se requirió que los mapas fueran a escalas 1:25 000 o 1:50 000.
- 6) La temperatura, nubosidad, altura máxima de las nubes y factor de corrección de exposición no fueron utilizados en el modelo final.

Apéndice D

Los disquetes de datos

Los principales resultados del análisis del Atlas Eólico – las estadísticas de viento representativas de la región para cada una de las estaciones – se encuentran en un disquete en la parte posterior del Atlas. El disquete contiene también los datos de la velocidad del viento en forma de histogramas. El disquete está estructurado con una serie de subdirectorios correspondientes a cada uno de los países de la CE. Los subdirectorios llevan el nombre del código del país tal y como se indica a continuación:

B	Bélgica	GB	Reino Unido
D	Alemania (FRG)	GR	Grecia
DK	Dinamarca	I	Italia
E	España	L	Luxemburgo
EI	Irlanda	NL	Países Bajos
F	Francia	P	Portugal

Las estadísticas de los radiosondas para todos los países se encuentran en un subdirectororio aparte con el nombre de RS.

El disquete es un disquete de doble cara y alta densidad (1.2 MB). Puede ser leído por cualquier IBM Personal Computer (PC, XT o AT) o cualquier compatible con el sistema operativo PC-DOS o MS-DOS y un lector de discos de alta densidad. ¹

Los datos del Atlas Eólico están almacenados en ficheros secuenciales ASCII con la extensión LIB, y contienen 48 líneas de registros de información. El contenido de un disquete está esquematizado en la Tabla D.1.

Los datos básicos están almacenados en ficheros secuenciales ASCII con la extensión TAB. El contenido de un fichero de histogramas está esquematizado en la Tabla D.2

¹IBM PC, PC/XT y PC/AT, y PC-DOS son marcas registradas por International Business Machines, Inc. MS-DOS es una marca registrada por Microsoft, Inc.

Tabla D.1. Contenido de un fichero del Atlas Eólico. Se dan los parámetros de Weibull, A y k para cuatro clases de rugosidad distintas y para cinco alturas en cada uno de los doce sectores, así como también para la distribución total.

Línea	Contenido
1	Carácter string de identificación de fichero/estación
2	Número de clases de rugosidad, alturas y sectores: 4 5 12
3	Los parámetros de aspereza de referencia: 0.0002, 0.03, 0.1 y 0.4 [m]
4	Las alturas de referencia por encima del nivel del suelo: 10, 25, 50, 100, 200 [m] s.n.s.
5	Las frecuencias de aparición para clase 0 de rugosidad
6	Parámetro de Weibull A para 10 m [ms^{-1}]
7	Parámetro de Weibull k para 10 m
8-9	Parámetros de Weibull A y k para 25 m
10-11	Parámetros de Weibull A y k para 50 m
12-13	Parámetros de Weibull A y k para 100 m
14-15	Parámetros de Weibull A y k para 200 m
16-26	Como en las líneas 5-15 pero para clase 1 de rugosidad
27-37	Como en las líneas 5-15 pero para clase 2 de rugosidad
38-48	Como en las líneas 5-15 pero para clase 3 de rugosidad

Tabla D.2. Contenido de un fichero de histogramas

Línea	Contenido
1	Carácter string de identificación de fichero de histograma
2	Latitud, longitud, y altura del anemómetro
3	Número de sectores, factor de escala para la velocidad del viento, y offset para dirección
4	Frecuencias de aparición en tanto por ciento del viento en los distintos sectores
5-	La línea 5 y todas las que le siguen contienen la tabla meteorológica, correspondiendo cada línea a una clase de velocidad. Primero, se da el límite superior de la clase de velocidad, y después siguen las frecuencias de aparición de las clases en los sectores y en el total. Se han especificado hasta un máximo de 50 clases de velocidad. Las frecuencias están normalizadas por sectores.