

Universidad de Huelva

Escuela Técnica Superior de Ingeniería



Redes Neuronales Artificiales para la simulación, estimación y control de caudales impulsados por estaciones de bombeo en zonas regables.

Proyecto Fin de Carrera

Ingeniería Técnica Industrial, Esp. Mecánica

María José Gómez Gallego

Directora:
Dra. Inmaculada Pulido Calvo

Huelva, 2012

Universidad de Huelva

Escuela Técnica Superior de Ingeniería



Redes Neuronales Artificiales para la simulación, estimación y control de caudales impulsados por estaciones de bombeo en zonas regables.

Proyecto Fin de Carrera presentado por María José Gómez Gallego en satisfacción de los requisitos necesarios para optar al grado de Ingeniero Técnico Industrial, especialidad en Mecánica. Dirigido por la Dra. Inmaculada Pulido Calvo, profesora titular del Área de Mecánica de Fluidos de la Universidad de Huelva.

El alumno,

La directora,

Fdo. María José Gómez Gallego

Fdo. Inmaculada Pulido Calvo

A mi madre, Pepi

El triunfo no está en vencer siempre, sino en nunca desanimarse

Napoleón

AGRADECIMIENTOS.

Me gustaría que estas líneas sirvieran para expresar mi más profundo y sincero agradecimiento a todas aquellas personas que me han brindado su ayuda para llegar hasta aquí y poder realizar este trabajo, ya que como dijo Demóstenes: *‘Los grandes sucesos dependen de incidentes pequeños’*.

A la profesora Inmaculada Pulido Calvo, sin duda el mayor de mis estímulos. Contigo he aprendido que no existen los límites, que todo lo que me proponga lo puedo lograr y que solo depende de mí. Gracias por aceptarme para realizar este proyecto bajo tu dirección, por darme todo y cuanto he necesitado, por ofrecerme tu disponibilidad, paciencia y dedicación, por entender y saber guiar mis ideas. Todo esto ha sido un aporte invaluable y la clave del buen trabajo que hemos realizado juntas. Mi más sincera gratitud por tu apoyo y confianza.

A mi madre. A la mujer que me dio dos grandes regalos: el primero, la vida y el segundo, la libertad para vivirla. A ella que con su entereza me enseñó lo que es vivir; a saborear el triunfo y la derrota y que con su ánimo y consejo me dio el empuje para seguir adelante. A ella que supo ser Madre y Padre y que ha venerado el tesoro más valioso que puede dársele a una hija: Amor. A ella que sin escatimar esfuerzo alguno ha sacrificado por mi gran parte de su vida; me ha formado y educado y que la ilusión de su existencia ha sido convertirme en una persona de provecho. A ella que siempre está a mi lado y me comprende, nunca podré pagar sus desvelos ni con las riquezas más grandes del mundo. Gracias a ti veo convertido en realidad lo que antes era una ilusión.

A mis tíos, Manuel y María Teresa. Una meta más en mi vida se ha cumplido y mil palabras no bastarían para agradeceros vuestro apoyo y comprensión en los momentos difíciles. Gracias por haber fomentado en mi el deseo de superación y el anhelo del triunfo en la vida, por compartir mis penas y mis alegrías, mis pequeñas victorias y dolorosos fracasos, siempre recibiendo de ustedes la palabra de aliento que me dio la fuerza para seguir luchando. Os debo a ustedes parte de este logro y con ustedes lo comparto.

A mi abuela, quien me ha enseñado con sus hechos y convicciones que existir es cambiar, que cambiar es madurar y que madurar es crearse uno a sí mismo constantemente.

A mi familia, que me demostró que la consumación plena de mi existencia sólo se logra con la fe puesta en lo que soy, puedo y hago.

RESUMEN.

En este trabajo se propone la predicción de la demanda en las próximas 24 horas en un sistema de distribución de agua para riego, y se utilizan, junto con los métodos tradicionales de predicción de Regresiones Lineales Múltiples (RLMs), los modelos heurísticos de Redes Neuronales Artificiales (RNAs). Se dispone de los datos de los caudales diarios impulsados, desde mayo de 2005 hasta abril de 2008, de la estación de bombeo del sector II de la zona regable de Palos de la Frontera (Huelva). Los modelos se establecen considerando la relación entre los datos presentes y pasados de los caudales impulsados, y también se analiza la influencia de datos climáticos diarios (temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura media, humedad relativa máxima, humedad relativa mínima, humedad relativa media, velocidad del viento, dirección del viento, radiación solar, precipitación y evotranspiración potencial).

Las mejores estimaciones se consiguen con el modelo neuronal que considera como variables de entrada los caudales de los siete días previos, las temperaturas máximas de nueve y diez días anteriores al de estimación, las temperaturas mínimas de uno y dos días anteriores, la humedad relativa mínima del día anterior, la precipitación del día anterior y la evotranspiración potencial de diez días previos al de estimación. Esta aproximación neuronal implica magnitudes de evaluación muy satisfactorias (coeficiente de determinación de $R^2=0.72$ e índice de persistencia de $PI=0.25$) y mejores que la del modelo de regresión (coeficiente de determinación de $R^2=0.69$ e índice de persistencia de $PI=-0.25$).

ÍNDICE.

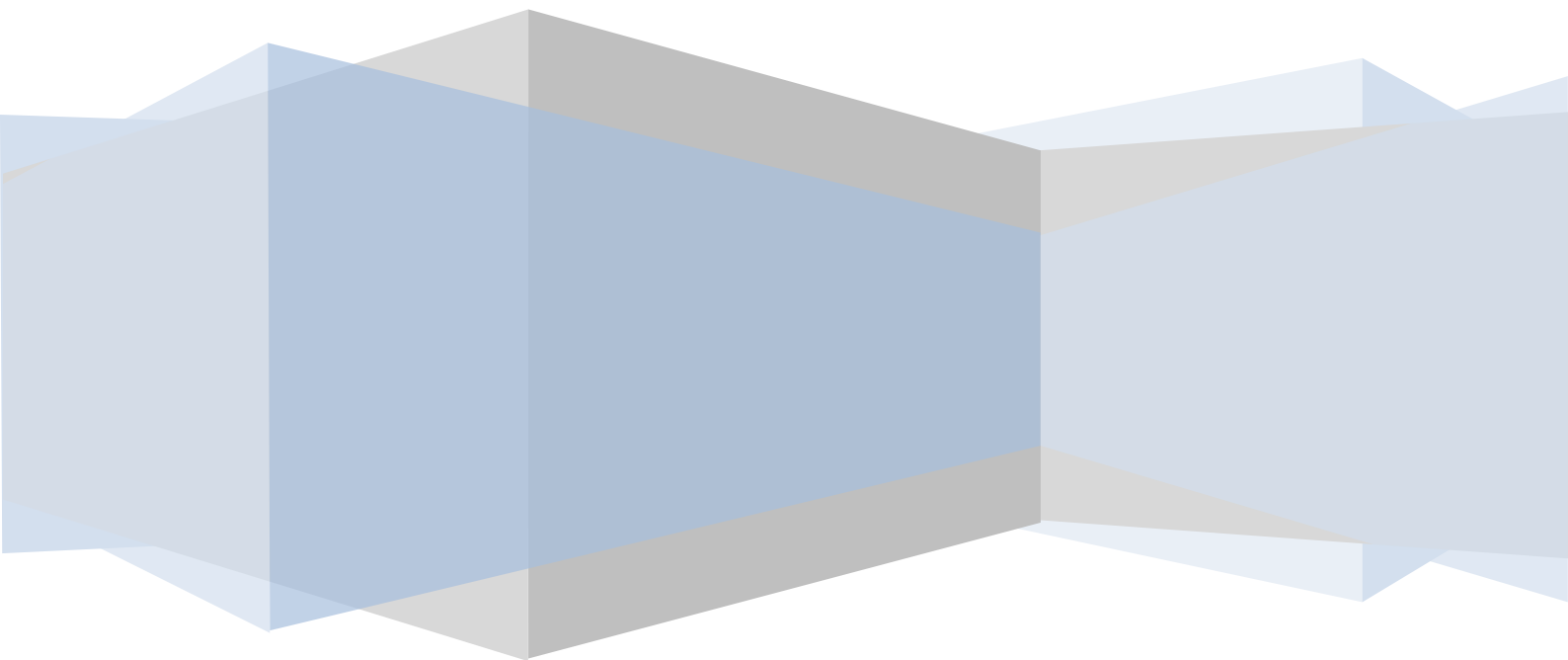
Capítulo 1. Introducción.	1
1.1. Objetivos.	5
 Capítulo 2. Zona de estudio.	 9
2.1. Introducción.	11
2.2. Riegos de la provincia de Huelva.	12
2.3. Comunidad de Regantes de Palos de la Frontera.	14
2.3.1. Sectores de riego.	15
2.3.2. Facturación del agua de riego.	23
2.4. Demanda de riego.	23
2.4.1. Cultivos.	24
2.4.2. Datos climáticos.	25
 Capítulo 3. Material y métodos.	 29
3.1. Modelos de Redes Neuronales Artificiales.	31
3.2. Modelos descriptivos y predictivos del caudal impulsado por la estación de bombeo.	33
3.3. Análisis de correlaciones cruzadas.	34
3.4. Pre-tratamiento de los datos de caudal registrados por el sistema SCADA.	34
3.5. Magnitudes de evaluación de los modelos.	35
3.6. Comparación de los modelos RNAs con Regresiones Lineales Múltiples.	36

Capítulo 4. Resultados y discusión.	39
4.1. Modelos neuronales descriptivos considerando como variables independientes datos climáticos	41
4.2. Modelos neuronales predictivos considerando como variables independientes datos climáticos de días anteriores.	51
4.3. Modelos neuronales predictivos considerando como variables independientes datos climáticos y de caudales impulsados en días previos.	62
4.4. Comparación con modelos descriptivos y predictivos usando Regresiones Lineales Múltiples.	66
 Capítulo 5. Conclusiones.	 75
 Capítulo 6. Referencias bibliográficas.	 81
 Anexo. Base de datos del sector II.	 91

CAPÍTULO 1.

INTRODUCCIÓN.

1.1. Objetivos.



CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.

Como se suele decir la naturaleza es realmente asombrosa. Con la combinación correcta de sol, suelo, temperatura y agua se desarrolla la vida vegetal. A veces, sin embargo, podemos echarle una mano a la naturaleza. La adición de agua mediante riego es una técnica que ha venido practicándose durante miles de años. El riego puede mejorar tanto la calidad como cantidad de las cosechas y puede hacerse incluso en áreas donde las lluvias son suficientes para mantener la agricultura. La gestión de este recurso limitado deberá tender a evitar situaciones conflictivas debidas a escasez y sobreexplotación mediante medidas preventivas que procuren un uso racional y de conservación.

Para el control en tiempo real de un sistema de distribución de agua, es fundamental la capacidad de predecir el comportamiento de la demanda. Con esta previsión y unos criterios de gestión determinados, se podrán establecer las estrategias de control del estado de grupos de bombeo, depósitos y válvulas (modo de trabajo previsto del sistema de distribución). Normalmente, este esquema de operación se planifica para las próximas 24 horas, debido a que las curvas de demanda tienen ciclos diarios y a que los intervalos horarios son la base de los sistemas de discriminación de la tarificación de la energía eléctrica (Jowitt y Xu, 1992; León *et al.*, 2000). De este modo, en este estudio se propone la estimación de demanda diaria total en las próximas 24 horas en sistemas de distribución de agua.

Para resolver la modelación de la demanda de agua (o caudales demandados) a corto plazo en redes urbanas, fundamentalmente se han desarrollado dos técnicas. La primera consiste en establecer modelos matemáticos basados en la correlación entre los datos de demanda y factores demográficos y ambientales (Maidment *et al.*, 1985; Saporta y Muñoz, 1994; Rüfenatch y Guibentif, 1997; Fontdecaba *et al.*, 2012), mientras que la segunda modela la relación entre datos presentes y pasados de la demanda (análisis estocástico de series temporales) (Coulbeck *et al.*, 1985; Hartley y Powell, 1991; Jowitt y Xu, 1992; Shvartser *et al.*, 1993; Saporta y Muñoz, 1994; Molino *et al.*, 1996; Nel y Haarhoff, 1996). La primera metodología es poco usual, dado que recoger los datos referentes a factores considerados determinantes es igual o si cabe más complicado que recoger los propios datos de caudales impulsados por las estaciones de bombeo, y la inclusión de estos factores se contempla de forma implícita a través de las observaciones de los caudales demandados (Saporta y Muñoz, 1994).

Las necesidades diarias de agua para el riego de los cultivos pueden ser estimadas por un balance entre las tasas de percolación y de evapotranspiración. Estas se utilizan normalmente para la planificación del volumen de agua a distribuir en las grandes zonas regables. Muchos modelos se han utilizado para simular estas necesidades de agua; desde técnicas empíricas a métodos conceptuales (Doorenbos y Pruitt, 1977; Doorenbos y Kassam, 1979; Van Aelst *et al.*, 1988; Allen *et al.*, 1998). Sin embargo, las necesidades de agua calculadas para la planificación del riego con estos métodos no siempre son adecuadas para la evaluación y manejo de los volúmenes impulsados reales. Esto se debe a que hay muchos parámetros que pueden variar significativamente entre las condiciones consideradas en el planteamiento de estos modelos y las condiciones reales que se presentan en la gestión diaria de estas zonas regables.

Además, para facilitar la adquisición y el registro de datos en las grandes zonas regables cada vez es más frecuente la instalación de sistemas de información geográfica SIG y de telecontrol, que combinados con modelos hidráulicos y de gestión, mejoran y facilitan la planificación y el manejo de los abastecimientos de agua correspondientes (Hartkamp *et al.*, 1999; Kite, 2000; Kite y Droogers, 2000; Lorite *et al.*, 2004; Leib *et al.*, 2003; Mareels *et al.*, 2005; Miranda *et al.*, 2005).

A pesar de estos avances, en muchas de las zonas regables la gestión del agua de riego se basa sólo en la experiencia y el conocimiento de los técnicos responsables, que siempre tienen la necesidad de apoyarse en técnicas que le faciliten la previsión de la demanda diaria de agua.

Entre las herramientas generalmente utilizadas para tales fines destacan las regresiones lineales múltiples.

Avances recientes y significativos en el campo del pronóstico y la estimación han sido posibles gracias a los avances en una rama de la teoría de sistemas no lineales; modelos que se conocen como redes neuronales artificiales o computacionales (RNAs). Los enfoques neuronales son cada vez más aplicados en muchos campos de la ciencia y la ingeniería y, por lo general, aportan resultados altamente satisfactorios.

Las RNAs están siendo ampliamente utilizadas en el ajuste de funciones y en el modelado de sistemas altamente no lineales, ya que realizan una transformación de este tipo entre los datos de entrada y salida, lo que supone importantes ventajas frente a las metodologías estadísticas convencionales tales como la regresión lineal múltiple en la que la relación entre los datos ha de ser lineal. Asimismo, no precisan de una ecuación para la relación empírica entre los datos como así ocurre en otras técnicas estadísticas paramétricas tales como la regresión no lineal o el filtro de Kalman. Por otro lado, se caracterizan por identificar la información relevante sobre una ingente cantidad de datos, discriminando la que es inconsistente, ambigua o incompleta.

Algunas de las aplicaciones de redes neuronales artificiales para la gestión y planificación de los recursos hídricos incluyen el modelado del proceso de lluvia-escorrentía (Hsu *et al.*, 1995; Lorrai y Sechi, 1995; Mason *et al.*, 1996; Abrahart *et al.*, 1999; Tokar y Johnson, 1999; Thirumalaiah y Deo, 2000; Tokar y Markus, 2000; Chiang *et al.*, 2004; Moradkhani *et al.*, 2004; Anctil y Rat, 2005; Agarwal *et al.*, 2006), previsión del estado de ríos (Thirumalaiah y Deo, 1998, 2000; Abrahart y See, 2000, 2002; See y Openshaw, 2000; Cameron *et al.*, 2002; Nayebi *et al.*, 2006; Pulido-Calvo y Portela, 2007), la caracterización de precipitaciones (French *et al.*, 1992; Zhang *et al.*, 1997; Kuligowski y Barros, 1998), la modelación de aguas subterráneas (Rizzo y Dougherty, 1994; Roger y Dowla, 1994; Yang *et al.*, 1997), la predicción del contenido de agua en el suelo (Álvarez y Bolado, 1996; Givi *et al.*, 2004) y de nitratos en drenaje del agua del suelo (Sharma *et al.*, 2003), y el análisis de sequías (Shin y Salas, 2000), entre otros. Trabajos previos sobre la estimación de la demanda de agua tanto en sistemas de abastecimiento urbano y de riego (Griñó, 1992; Pulido-Calvo *et al.*, 2002, 2003) mostraron que el uso de los modelos de redes neuronales artificiales proporcionaron resultados muy satisfactorios.

En este trabajo junto con la metodología tradicional de regresiones lineales múltiples, se propone el uso de Redes Neuronales Artificiales (RNAs) para la estimación de los caudales impulsados por estaciones de bombeo de grandes zonas regables, ya que han demostrado conseguir muy buenos resultados en el campo de las técnicas de control inteligente.

1.1. OBJETIVOS.

El objetivo global de este proyecto ha sido utilizar modelos heurísticos de Redes Neuronales Artificiales como herramienta de apoyo en el control en tiempo real de los caudales de agua impulsados por estaciones de bombeo de grandes zonas regables. Para la consecución de este objetivo global se han planteado los siguientes objetivos específicos:

1. Selección y caracterización de la zona regable de Palos de la Frontera (Huelva). Esta Comunidad de Regantes dispone de un sistema de telecontrol que registra datos de la red hidráulica a presión encargada de impulsar y distribuir el agua a los cultivos.
2. Diseño y evaluación de modelos descriptivos de Redes Neuronales Artificiales que consideran como variable dependiente el caudal impulsado por la estación de bombeo en el tiempo t y como variables independientes datos climáticos (temperaturas máximas, mínimas y medias; humedades relativas máximas, mínimas y medias; velocidad del viento; dirección del viento; radiación solar; precipitación; evapotranspiración de referencia) registrados en la zona en el tiempo t .
3. Diseño y evaluación de modelos predictivos de Redes Neuronales Artificiales que consideran como variable dependiente el caudal impulsado por la estación de bombeo en el tiempo t y como variables independientes datos climáticos y caudales impulsados en periodos de tiempo anteriores ($t-n$).
4. Comparación de las aproximaciones neuronales con modelos tradicionales de Regresiones Lineales Múltiples.

CAPÍTULO 2.

ZONA DE ESTUDIO.

2.1. Introducción.

2.2. Riegos de la provincia de Huelva.

2.3. Comunidad de Regantes de Palos de la Frontera.

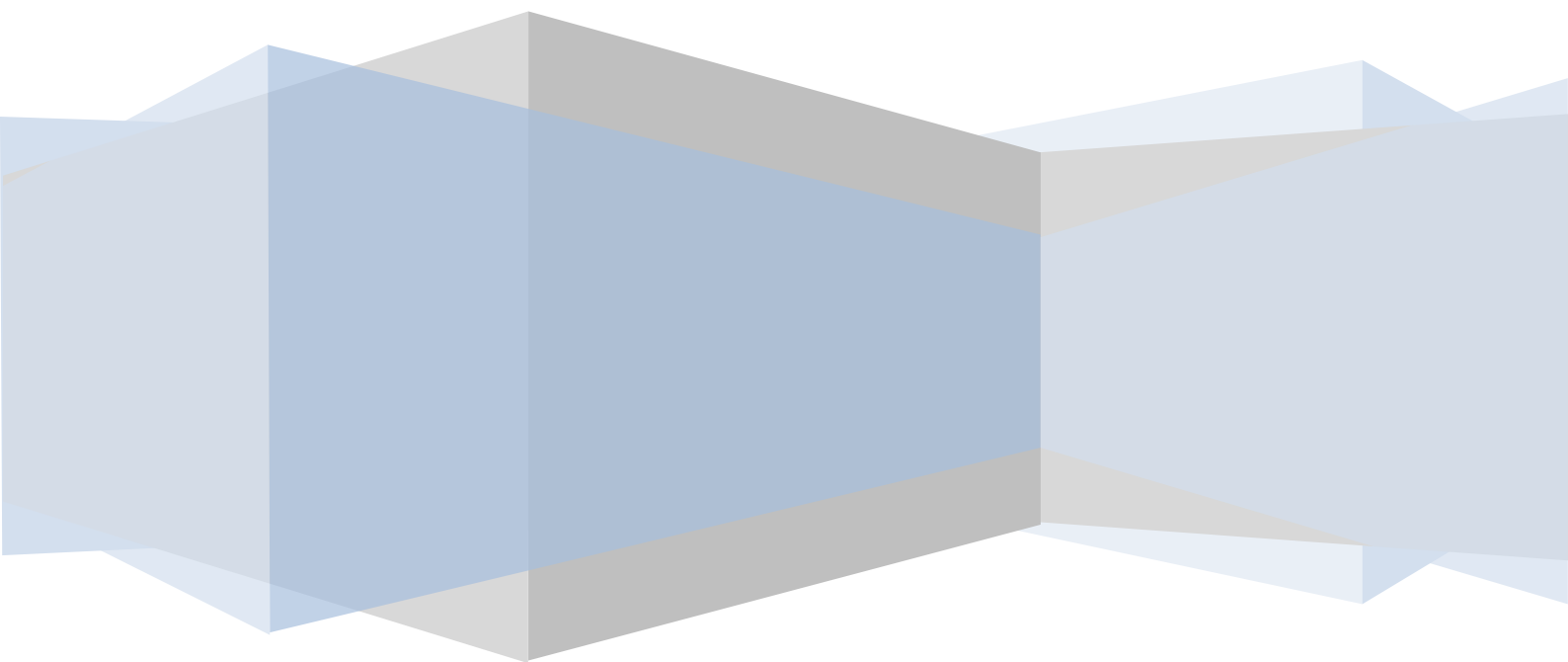
2.3.1. Sectores de riego.

2.3.2. Facturación del agua de riego.

2.4. Demanda de riego.

2.4.1. Cultivos.

2.4.2. Datos climáticos.



CAPÍTULO 2. ZONA DE ESTUDIO.

2.1. INTRODUCCIÓN.

A comienzos de la década de los setenta del pasado siglo, la situación general de la agricultura en la provincia de Huelva era de auténtica subsistencia y de abandono creciente por parte de la población agrícola más joven.

La labor divulgadora de los Servicios Comarcales de Extensión Agraria ubicados en la costa onubense se dio cuenta del posible incremento de rentabilidad agraria que podría tener el cultivo de la fresa, que ya venía haciéndose desde hacía algún tiempo por algunos agricultores. Así pues, se lleva a cabo una campaña intensa de información y concienciación en todos los pueblos de la costa de Huelva con tal de extender los notables beneficios del nuevo cultivo al mayor número posible de agricultores. Esta labor divulgadora de los Servicios Comarcales de Extensión Agraria junto al afán de mejorar de los agricultores hizo que el campo de la costa onubense pasase, en muy poco tiempo, de una situación de lamentable penuria a un campo con una de las mayores rentabilidades de todo el panorama nacional.

Pero para que ese milagroso cambio se produjera hubo que salvar muchos obstáculos, dedicando a esa ilusionante tarea muchos esfuerzos por parte de muchas personas e instituciones. Fueron precisas la creación de infraestructuras, entidades, canales de comercialización, etc.

Una de las entidades que nacieron con el objetivo de que los agricultores aprovecharan el rentable momento agrícola que se le presentaba con el cultivo de la fresa fueron las Comunidades de Regantes.

Al principio del desarrollo del cultivo de la fresa, un factor limitante para su expansión en diferentes zonas de la costa de Huelva fue la carencia o escasez de agua de los acuíferos subterráneos o de la mala calidad de la misma. Enseguida comenzó a pensarse en la posibilidad de utilizar las aguas superficiales de las presas del Piedras (figura 2.1) y del Chanza (figura 2.2) que estaban conectadas con Huelva-Capital y su Polo Industrial mediante el Canal del Piedras que atravesaba parte de los territorios aspirantes a provechar el buen momento agrícola que se les ponía por delante.



Figura 2.1. Pesa del Piedras (capacidad de 59 hm³).

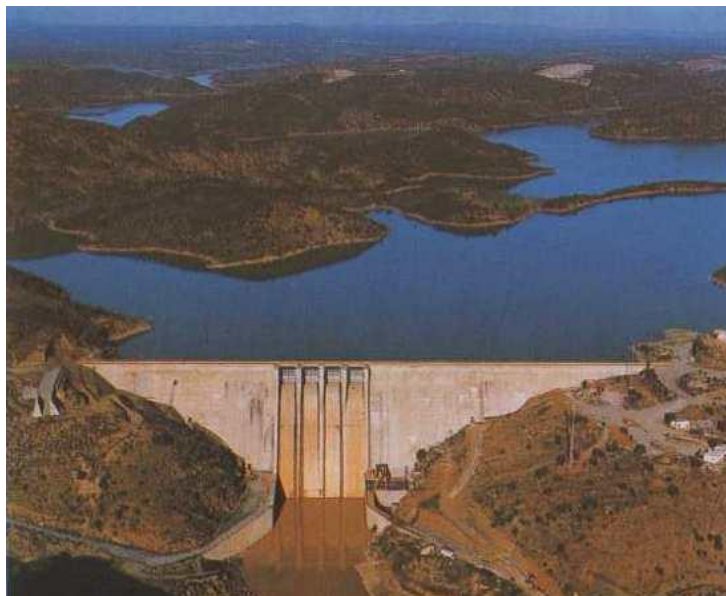


Figura 2.2. Presa del Chanza (capacidad de 340 hm³).

2.2. RIEGOS DE LA PROVINCIA DE HUELVA.

La provincia de Huelva está regada por cuatro cuencas fundamentalmente: Guadiana, Piedras, Odiel y Tinto. Todas ellas, y en lo relativo a la provincia, representan una extensión de aproximadamente 7400 km². En general, puede decirse que se trata de una provincia potencialmente excedentaria en recursos hídricos.

De estas cuatro cuencas, tradicionalmente las del Odiel y Tinto han estado fuertemente contaminadas por el contenido pirítico de sus suelos, piritas cuya extracción ha sido, en gran medida, el soporte económico de la provincia desde tiempos inmemoriales (junto con la pesca) y que, últimamente, están en fuerte retroceso.

A partir de 1980 comienzan las experiencias de riegos en Huelva, en concreto el fresón con apenas 1000 ha, debido a las ventajas que ofrece el clima de Huelva y a la potencialidad hidráulica de la provincia, antes mencionada. En el año 2000 las 1000 ha se habían transformado en más de 20000 ha, de las que unas 12000 ha, se regaban con aguas superficiales y el resto, subterráneas.

El esquema hidráulico actual, como se aprecia en la figura 2.3, contempla la toma de agua en el Chanza, y su trasvase hasta el Piedras y Huelva mediante el canal del Piedras. Esto hace que el verdadero río de Huelva sea este canal que une la Presa del Chanza con la Presa del Piedras y con Huelva.

El esquema hidráulico futuro que se aprecia en la figura 2.4, contempla además la regulación de los ríos Odiel y Tinto, así como del Guadiana, formando una red que posibilitará abastecer, no sólo al Polo Industrial de Huelva y a la mayor parte de los municipios, sino a las previsiones de riego, que apuntan a unas 50000 ha.

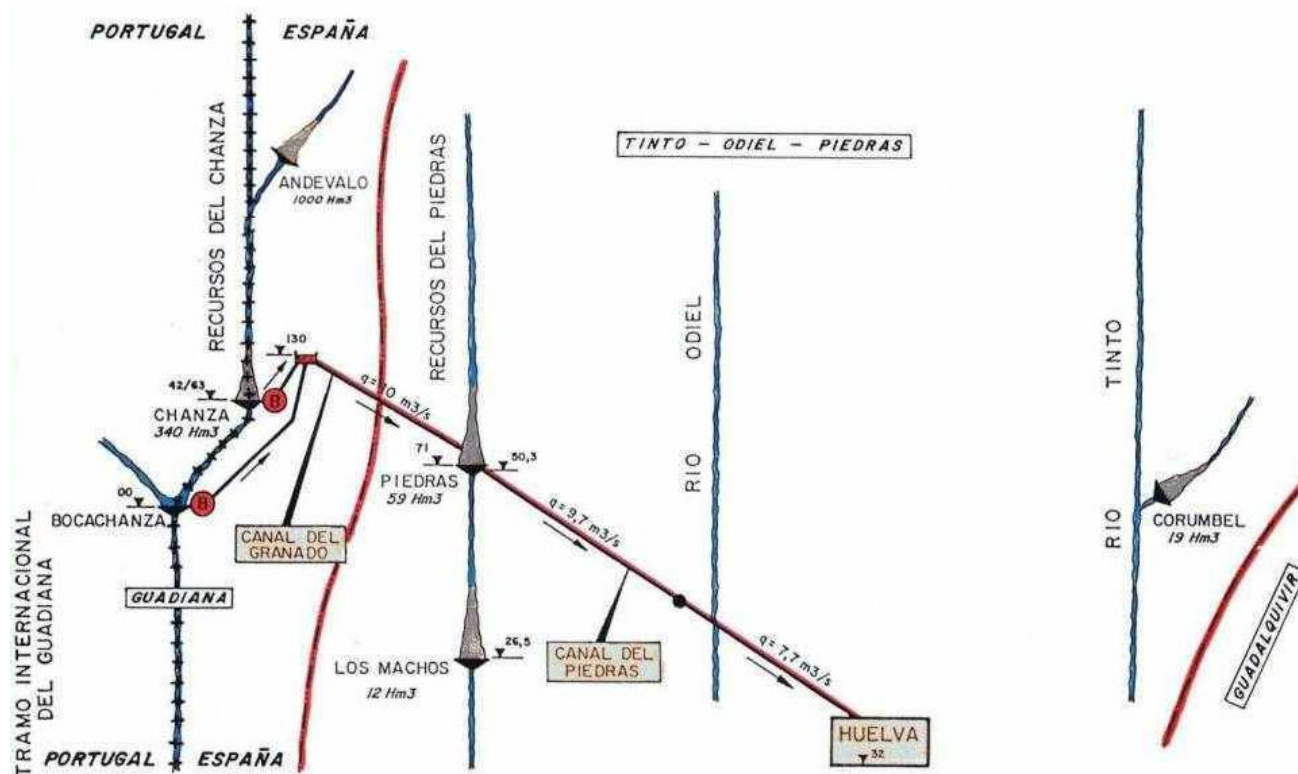


Figura 2.3. Esquema hidráulico general de la infraestructura de abastecimiento de agua actual de la provincia de Huelva.

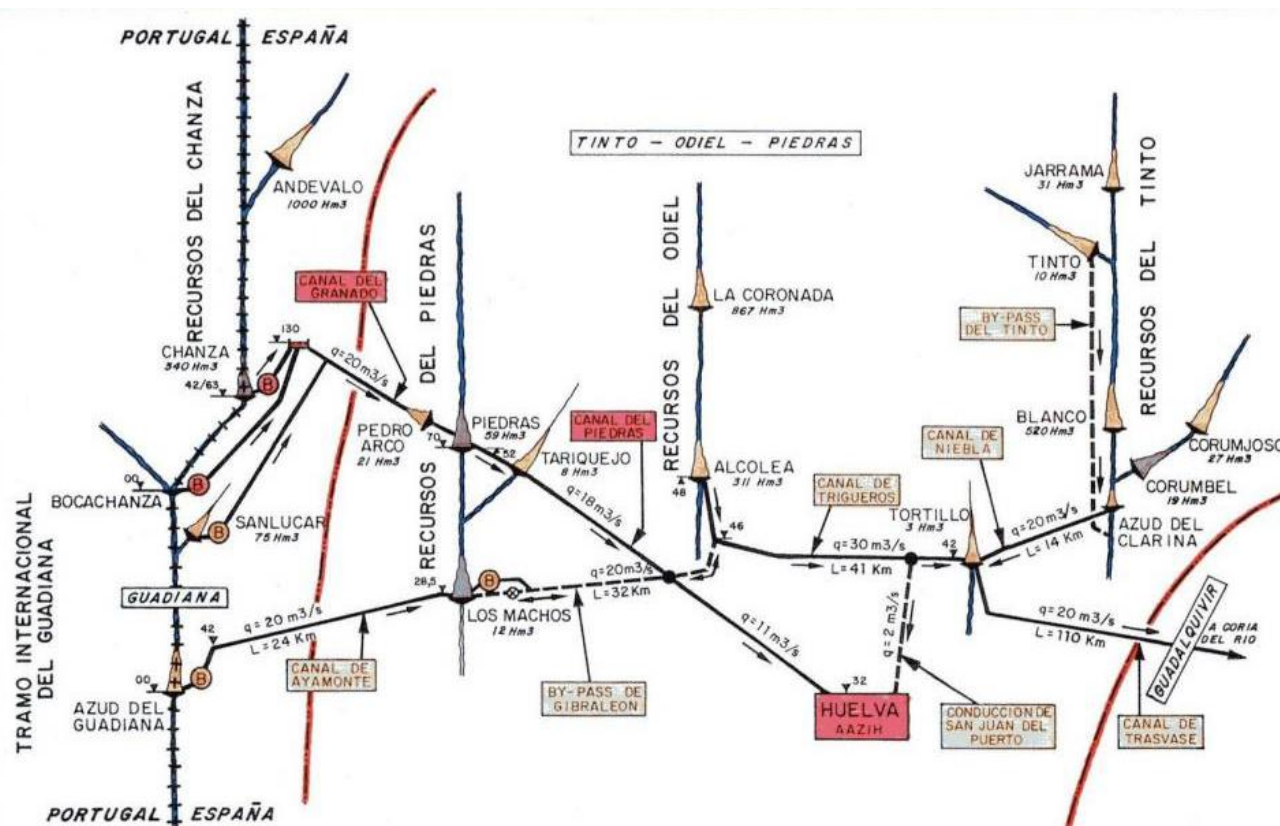


Figura 2.4. Esquema hidráulico general de la infraestructura de abastecimiento futuro de agua de la provincia de Huelva.

2.3. COMUNIDAD DE REGANTES DE PALOS DE LA FRONTERA.

La necesidad de abordar la modernización de la zona regable de Palos de Frontera era clara y manifiesta ya que, tratándose de una zona dinámica y con un potencial económico extraordinario, solo contaba con una infraestructura de distribución improvisada por los regantes día a día, carecía de infraestructura de regulación, y los recursos disponibles no alcanzaban a cubrir la totalidad de la demanda.

Con el objetivo de regular y poner orden a todos los regadíos existentes de la zona, nace en 1999 la Comunidad de Regantes (CC.RR.) de Palos de la Frontera, la cual queda constituida legalmente según resolución del Ministerio de Medio Ambiente, de fecha 15 de junio de 2000, de la Comisaría de Aguas de la Configuración Hidrográfica del Guadiana.

Inicialmente se incluye en la declaración el perímetro formado por los sectores I y II, con una superficie regable de 2200 ha. Más tarde, en la campaña 2002-2003 se amplía la comunidad incluyendo la zona conocida como “Las Malvinas” en el sector III. Finalmente queda una superficie regable total de 3343 ha repartidas entre los municipios de Palos de la Frontera y Moguer (tabla 2.1).

Tabla 2.1. Superficies regables de la CC.RR. de Palos de la Frontera.

Término municipal	Superficie regable (ha)
Palos de la Frontera	1720
Moguer	1623
Total	3343
Fuente: Consejería de Agricultura y Pesca, 2003	

A lo largo de estos años se han realizado diversas obras de modernización en los tres sectores, incorporándose en 2004 un sistema SCADA (*Supervisory Control Data Adquisition*) para la gestión óptima de la distribución del agua en esta comunidad de regantes. Este sistema de telecontrol permite la adquisición y supervisión de datos como la presión y el caudal de numerosos puntos del sistema de distribución de agua, y por tanto, facilita la gestión diaria de toda la red hidráulica.

Respecto al origen del agua de riego, en un principio los regadíos de la zona de Palos y Moguer se abastecían de pozos subterráneos realizados por particulares sobre el Acuífero de Doñana, compartido por las cuencas del Guadiana y del Guadalquivir. Con el paso de los años y la progresiva intensificación de los cultivos, se alertó del peligro de sobreexplotación que existía sobre dicho acuífero. Para solucionar este y otros problemas, se ejecutaron las obras del Anillo Hídrico de Huelva.

En la actualidad, la Comunidad de Regantes de Palos de la Frontera gestiona agua de origen superficial, proveniente de la regulación del sistema Chanza-Piedras, de los embalses del Chanza (340 hm³) y del Piedras (59 hm³) transportada por el canal del Granado y por el Canal del Piedras. Por otra parte, los agricultores también disponen de pozos propios para extraer agua de acuíferos y complementar el riego a los cultivos, aunque dichas extracciones no están reguladas por parte de la Comunidad de Regantes ya que ésta se limita a gestionar únicamente los recursos recibidos del sistema Chanza-Piedras.

La Comunidad de Regantes de Palos de la Frontera se encuentra en la Comarca del Condado, en la provincia de Huelva, junto a la desembocadura del Río Tinto, el cual marca el límite occidental de la Comunidad. Se extiende por los municipios de Moguer y sobre todo de Palos de la Frontera, cuyo Polo Industrial constituye el límite sur de la Comunidad. Al norte se encuentra la Comunidad de Regantes “El Fresno”, situada en el Término Municipal de Moguer. Por último, el extremo oriental de la Comunidad se sitúa sobre la línea de separación entre las cuencas del Guadiana y Guadalquivir. Su sede está en Palos de la Frontera (Huelva).

2.3.1. SECTORES DE RIEGO.

La Comunidad de Regantes “Palos de la Frontera” cuenta con un perímetro de riego de 3343 ha repartidas entre los municipios de Palos de la Frontera y Moguer, pertenecientes a más de 350 socios, distribuidas en tres sectores de riego (figura 2.5).



Figura 2.5. Ubicación de los sectores de riego y balsas de regulación.

Sector I:

El sector I, con una superficie estimada de 1320 ha, es el de mayor extensión y a la vez el más tradicional. Cuenta con una balsa de 56000 m³ de capacidad (figura 2.6) que se abastece directamente del anillo hídrico a través de una doble conducción de diámetro 700 mm. Esta obra ha sido financiada por la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía.

Junto a la balsa de regulación, se encuentra la estación de bombeo que, conectada a sus tomas de riego, proporciona 1584 l/s a 8.5 kgf/cm² (85 m.c.a.) de presión, de forma que en todos los puntos finales de las unidades de riego existe una dotación de 1.2 l/s ha a 3 kgf/cm² (30 m.c.a.). Una de las cinco bombas que comprende la estación está regulada por un variador de frecuencia que ajusta el bombeo a la demanda real.

Tras el bombeo se halla la estación de filtración de mallas automáticas (figura 2.7), cuya misión es la de eliminar cualquier partícula que pudiera atascar las válvulas hidráulicas, el contador y los goteos utilizados para el riego de los cultivos. Después de los filtros se encuentran dos calderines (o depósitos antiarrietes) de 35000 litros cada uno, que protegerán a las bombas, filtros y a la red de tuberías de depresiones y sobrepresiones bruscas que puedan generarse en algún momento de la operación del sistema. A continuación va instalado un controlador electromagnético de diámetro 900 mm que contabiliza toda el agua que pasa por el riego de este sector.

La red de distribución está compuesta de tuberías de poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV), policloruro de vinilo (PVC) y polietileno de alta densidad (PEAD) según sea el diámetro de la misma (figura 2.8). Esta red se ramifica por todo el sector y avanza por los límites de parcelas, hasta llegar a la agrupación de contadores que se encuentra en las unidades de riego.

Paralela a esta red hidráulica está instalada una red de tuberías para la distribución de agua potable a todas las viviendas que están construidas en cada parcela. Esta red es de polietileno de alta densidad PN10 y de uso alimentario con calidad AENOR. Con esta iniciativa, la Comunidad de Regantes “Palos de la Frontera” se constituye en pionera en la gestión y distribución de abastecimientos de agua potable al medio rural que forma su perímetro de riego.

En cada unidad de riego se puede encontrar, dependiendo de las parcelas y consecuentemente de los propietarios que están dentro de las mismas, de 1 a 8 contadores. Tras dichas casetas sale la red terciaria, formada por las tuberías individuales que llegan hasta las parcelas de cada usuario o regante.

En las tablas 2.2(a) y 2.2(b) se muestran y resumen las principales características de la red hidráulica a presión del sector I.

Tabla 2.2(a). Principales características del sector I.

Superficie sector I 1230 ha	Dotación general.....1.2 l/s ha a 3 kgf/cm ²
BALSA DE REGULACIÓN	
Capacidad total	56000 m ³
Altura máxima de dique	6.85 m
Superficie de lámina de agua	11978 m ²
Tubería de entrada	PRFV 2 - ø 700 mm
Caudal de entrada	1584 l/s
ESTACIÓN DE BOMBEO	
Número de bombas	4 + 1 de reserva
Caudal unitario	511 l/s – 1840 m ³ /h
Caudal total de impulsión	1584 l/s - 5386 m ³ /h
Potencia instalada	1920 kW – 2600 CV
Potencia unitaria	840 CV – 430 CV
Presión de trabajo	8.5 kgf/cm ²
Transformadores	2 x 1000 kVA

Tabla 2.2(b). Principales características del sector I.

ESTACIÓN DE FILTRADO	
Número de filtros	16 (malla automática)
Superficie total de filtración	160000 cm ²
Caudal unitario de filtración	350 m ³ /h
Grado de filtración	130 micras -120 mesh
Control de lavados	Automático
RED DE RIEGO	
Longitud total de tuberías	38294 m
Diámetros	de ø 1200 a 90 mm
Materiales	PRFV – PVC – PEAD
Número de casetas de unidad de riego	109
Número de válvulas contador	391
Longitud total de cable telecontrol	40200 m
Número de concentradores de telecontrol	3



Figura 2.6. Balsa de regulación del sector I.



Figura 2.7. Sistema de bombeo y filtrado del sector I.



Figura 2.8. Tuberías del sector I.

Sector II:

El sector II, con una superficie estimada de 880 ha, cuenta con una balsa de 283000 m³ de capacidad (figura 2.9) y se abastece directamente del anillo hídrico a través de una conducción de acero helicoidal de diámetro 1200 mm.

La gran diferencia de volumen de esta balsa respecto a la del sector I se explica por tres razones: aprovechar al máximo el suelo disponible; disponer de una reserva de agua de dos días, para toda la superficie regable ante cualquier eventualidad; y optimizar al máximo las distintas posibilidades de funcionamiento. Por ello, ambas balsas están comunicadas a través de una tubería de diámetro 800 mm, y se dispone de los *by-pass* necesarios para poder suministrar agua a cualquier sector desde cualquiera de las tres estaciones de bombeo. Esto supondrá un ahorro importante en los consumos eléctricos totales.

La estación de bombeo del sector II (figura 2.10), cuyo funcionamiento es similar a la del sector I, está compuesta por cinco bombas verticales y una capacidad total de bombeo de 1056 l/s a 5.5 kgf/cm² de presión. Con estas características se garantiza la dotación establecida para todos los usuarios que es de 1.2 l/s ha a 3 kgf/cm² de presión en cada unidad de riego. Con la misma configuración que el sector anterior, nos encontramos con una estación de filtración de mallas automáticas, un contador o caudalímetro electromagnético de diámetro 900 mm, y un calderín de 30000 litros. La red de distribución de riego, formada igualmente por tuberías de poliéster y PVC según los diámetros, se extiende hasta alcanzar las 64 casetas de las unidades de riego que conforman este sector y que tienen las mismas características que la del sector I.

En la tabla 2.3(a) y 2.3(b) se muestran y resumen las principales características de la red hidráulica a presión del sector II.

Tabla 2.3(a). Principales características del sector II.

Superficie sector II 880 ha	Dotación general.....1.2 l/s ha a 3 kgf/cm ²
BALSA DE REGULACIÓN	
Capacidad total	285000 m ³
Altura máxima de dique	9.9 m
Superficie de lámina de agua	37833 m ²
Tubería de entrada	Acero - ø 1200 mm
Caudal de entrada	2427 l/s

Tabla 2.3(b). Principales características del sector II.

ESTACIÓN DE BOMBEO	
Número de bombas	4 + 1 de reserva
Caudal unitario	358 l/s – 1290 m ³
Caudal total de impulsión	1056 l/s - 3800 m ³ /h
Potencia instalada	1280 kW – 1739 CV
Potencia unitaria	340 CV – 180 CV
Presión de trabajo	5.5 kgf/cm ²
Transformadores	2 x 800 kVA
ESTACIÓN DE FILTRADO	
Número de filtros	11 (malla automática)
Superficie total de filtración	110000 cm ²
Caudal unitario de filtración	350 m ³ /h
Grado de filtración	130 micras -120 mesh
Control de lavados	Automático
RED DE RIEGO	
Longitud total de tuberías	29759 m
Diámetros	de ø 900 a 90 mm
Materiales	PRFV – PVC – PEAD
Número de casetas de unidad de riego	64
Número de válvulas contador	148
Longitud total de cable telecontrol	32200 m
Número de concentradores de telecontrol	3

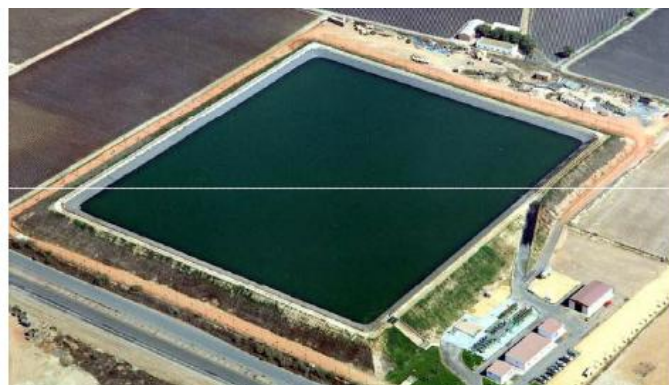


Figura 2.9. Balsa sector II.



Figura 2.10. Estación de bombeo y filtrado de los sectores II y III.

Sector III:

El sector III, con una superficie estimada de 1143 ha, ha sido el último en incorporarse legalmente al perímetro de riego de la Comunidad. Es el sector donde se produce la mayor actividad agrícola, donde se demanda una mayor dotación de agua, debida fundamentalmente a sus características geotécnicas.

Se abastece de la misma balsa general del sector II (figura 2.10). Cuenta con una estación de bombeo de cinco bombas verticales y una capacidad total de impulsión de 1372 l/s a 6.5 kgf/cm² de presión. También consta de una estación de filtración de mallas automáticas, y un contador electromagnético de diámetro 900 mm.

La red de distribución de riego, formada por tuberías de poliéster y PVC, se extiende hasta alcanzar las 54 casetas de las unidades de riego que conforman este sector y que tienen las mismas características que las de los dos sectores anteriores.

Las casetas de las unidades de riego de cualquiera de los sectores de riego de la Comunidad de Regantes, están compuestas por los siguientes elementos:

- Un cazapiedras, cuya misión es retener todos aquellos sólidos gruesos que puedan obstruir el normal funcionamiento de las válvulas-contador.
- Una válvula reductora-sostenedora, cuya misión es estabilizar la presión a 3 kgf/cm² en cada hidrante, abriendo o cerrando según las necesidades. También tiene la misión de mantener en carga toda la red de riego una vez que el bombeo se ha interrumpido.
- Una válvula hidráulica-contador, limitadora de caudal, cuya función es la de contabilizar los consumos individuales de agua y a la misma vez limitar el caudal instantáneo que cada parcela tiene asignado en función de su superficie (figura 2.11).
- Una solenoide que tras recibir la señal, vía radio y monocable, actúa en consonancia abriendo o cerrando el paso de agua a cada parcela.
- Un contador volumétrico para contabilizar los consumos de agua potable de cada usuario de la parcela (figura 2.12).
- Las tarjetas remotas que a través de monocable toman y llevan los datos de consumo y las presiones que nos dan los traductores instalados en el sistema SCADA.

Puesto que los suelos de la comunidad en general tienen un alto contenido en arena, no es necesaria infraestructura de drenaje. A pesar de ello, la comunidad dispone de una captación en la red natural de drenaje de la zona por la que fluyen las aguas de escorrentía, que permite recuperar un determinado volumen de agua y almacenarlo de nuevo en las balsas de regulación para su reutilización.

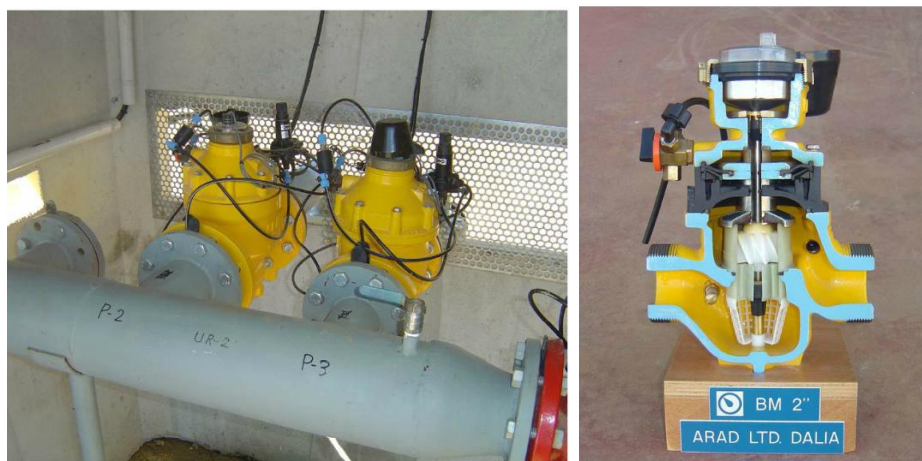


Figura 2.11. Válvulas para la regulación del agua de riego.

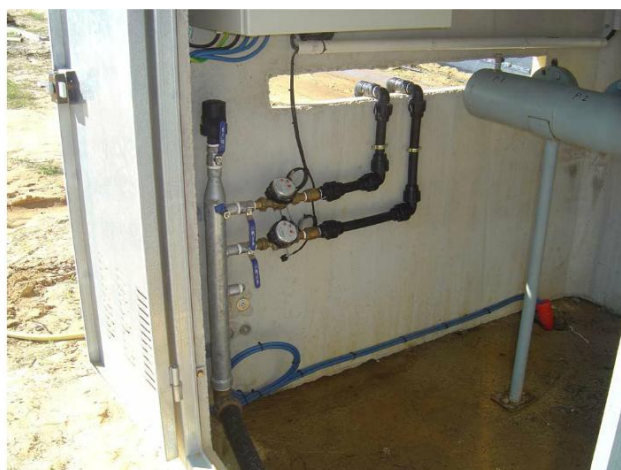


Figura 2.12. Contadores de agua potable.

Como se ha mencionado anteriormente, para el correcto control de las instalaciones y del agua utilizada por los usuarios, la Comunidad de Regantes cuenta con un sistema de telecontrol (figura 2.13) de última generación [sistema SCADA (figura 2.14)], que permite alcanzar los siguientes objetivos:

- Recibir la medida de los caudales instantáneos y consumos acumulados, en tiempo real, de cada uno de los usuarios de la Comunidad de Regantes, permitiendo saber si existe un exceso o un defecto de consumo de agua por parte de algún usuario.
- Detectar cualquier anomalía en la red, de manera que pueda actuar con celeridad a la hora de reparar un fallo en el sistema.
- El control sobre la apertura y cierre de cada válvula-contador, que evitara las pérdidas innecesarias de agua, así como su uso fraudulento.
- El control sobre el arranque y parada de las estaciones de bombeo, así como conocer las presiones en distintos puntos estratégicos de las redes.

- La posibilidad de que cada usuario, a través de internet, pueda conocer datos de sus consumos y facturaciones, y también programar el riego de sus parcelas individualmente.
- Realizar estadísticas con datos acumulados para conocer la dinámica de riegos por parte de los usuarios, pudiendo asesorar a los mismos sobre mejoras en el modo de regar, contribuyendo de esta manera al ahorro de agua y optimización de los regadíos.



Figura 2.13. Composición de tubería de agua potable, tubería de riego y cable del telecontrol.

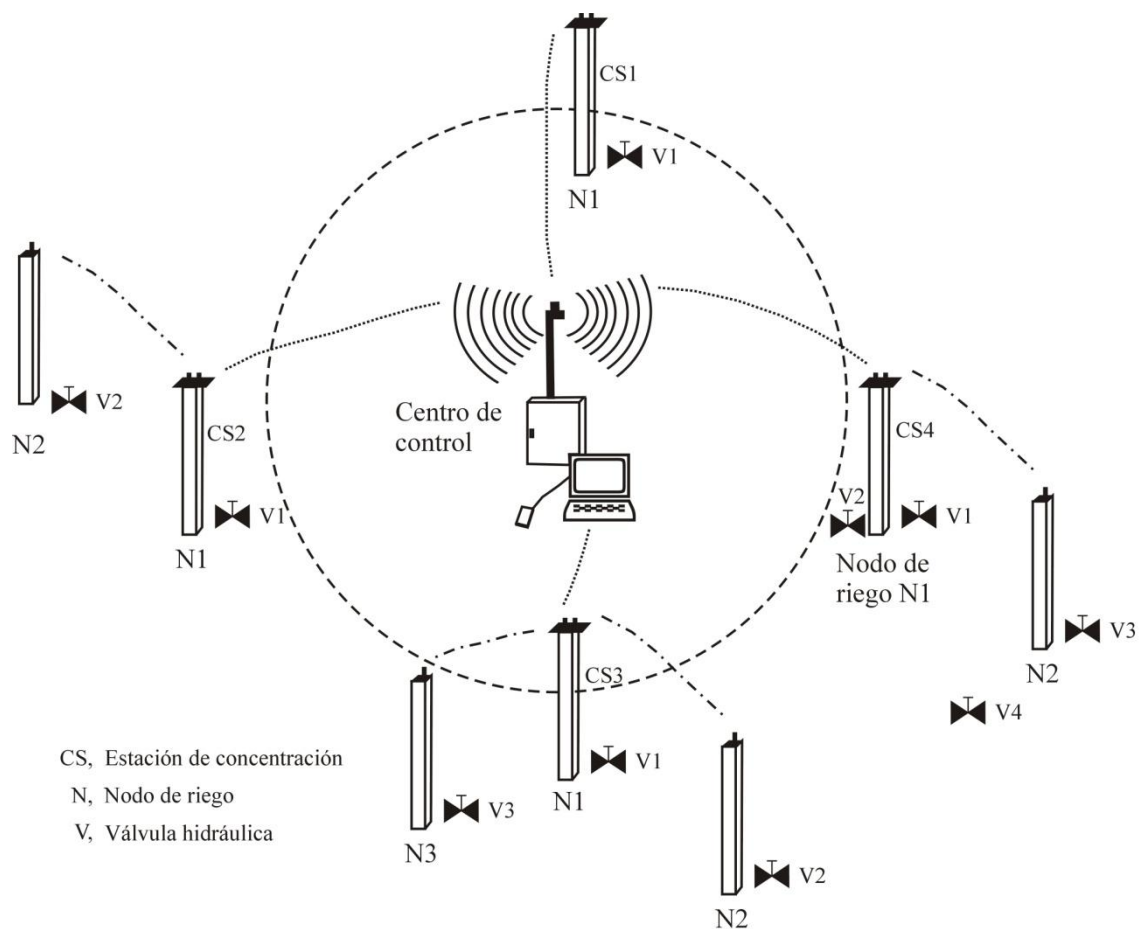


Figura 2.14. Ejemplo del sistema SCADA.

2.3.2. FACTURACIÓN DEL AGUA DE RIEGO.

La organización del riego es a la demanda. Con las infraestructuras existentes actualmente, todos los comuneros pueden disponer de una dotación de 1.2 l/s ha a 3 kgf/cm² durante las 24 h del día todos los días del año.

La facturación realizada en la Comunidad de Regantes de Palos de la Frontera es por volumen de agua. En cuanto al precio del agua, queda definido dentro de la Normativa de Riego de cada campaña, como se recoge en la tabla 2.4.

Tabla 2.4. Precios según Normativa de Riegos y Agua Potable.

Campaña	Precio del Agua de Riego €/m³	Precio del Agua Potable €/m³	Cuota Anual €/ha y año
2001-2002	0.0721	0.0721	45.08
2002-2003	0.0721	0.0721	45.08
2003-2004	0.0721	0.0721	45.08
2004-2005	0.0962	0.0962	45.08
2005-2006	0.0962	0.0962	45.08
2006-2007	0.1143	0.4327	45.08
2007-2008	0.1143	0.5410	45.08
2008-2009	0.1550	0.5410	45.08
2009-2010	0.1550	0.5410	45.08

Fuente: Comunidad de Regantes “Palos de la Frontera”, 2011.

Cada comunero estará obligado a satisfacer, con independencia de su consumo de agua y energía, la cuota que le corresponda para cubrir el presupuesto de los gastos generales de la Comunidad, relativos a la explotación, conservación, reparación y mejora, según la derrama por hectárea o equivalente que será recogida para cada campaña en la Normativa de Riego y de Agua Potable correspondiente, reflejado en la tabla 2.4. Los gastos energéticos y el canon que la Confederación Hidrográfica del Guadiana se cobra a los agricultores es según el volumen de agua consumido (m³).

Para evitar excesos en el consumo de agua en parcela, la Confederación Hidrográfica del Guadiana asigna una dotación máxima anual de 6000 m³/ha, con independencia del tipo de cultivo y la antigüedad del mismo. La comunidad de regantes puede sancionar y cortar el suministro de agua a los comuneros cuyo consumo en exceso suponga alteraciones en el suministro a los demás usuarios.

2.4. DEMANDA DE RIEGO.

La necesidad de agua de riego es la cantidad de agua que debe aportarse a un cultivo para asegurar que recibe la totalidad de sus necesidades hídricas o una fracción de terminada de éstas. Cuando el riego es la única aportación de agua de que se dispone, la necesidad de agua de riego será al menos igual a las necesidades hídricas del cultivo, siendo mayor cuando existen pérdidas (escorrentía, percolación, falta de uniformidad en la distribución, etc.), y menor cuando la planta puede satisfacer sus necesidades hídricas a partir de otros recursos (lluvia, reservas de agua en el suelo, etc.).

Por tanto, para poder planificar los riegos, tanto en lo que se refiere a la frecuencia como a la dosis, es necesario conocer las necesidades hídricas de los cultivos, es decir, la cantidad de agua que requieren para un desarrollo óptimo. Dichas necesidades se miden en l/s y van a depender en cada momento de diversos factores: condiciones meteorológicas, características del suelo y del propio cultivo (especie, variedad, estado fenológico, adaptación al hábitat de cultivo, etc.).

2.4.1. CULTIVOS.

La Comunidad de Regantes de Palos de la Frontera cuenta con un 89% de su superficie de riego destinada al cultivo de la fresa, quedando el 11% restante para árboles frutales.

El ciclo del cultivo de fresas se inicia en el mes de agosto con el abonado y riego por aspersión de la parcela para posteriormente realizarse sobre ésta las labores de alomado y encintado. Una vez preparado el terreno, a principios de octubre, comienza la plantación, siendo en este mes fundamental el riego con microaspersores para el enraizamiento de la planta. Durante la producción de fresas, se dan dos épocas muy bien marcadas: la lluviosa, de noviembre a febrero, y la seca de marzo a mayo, esto explica que la demanda de agua aumente en estos últimos meses. A finales de mayo queda completado el periodo de recolección de frutos y por tanto el riego es mínimo. Esta distribución de riego se aprecia en la figura 2.15.

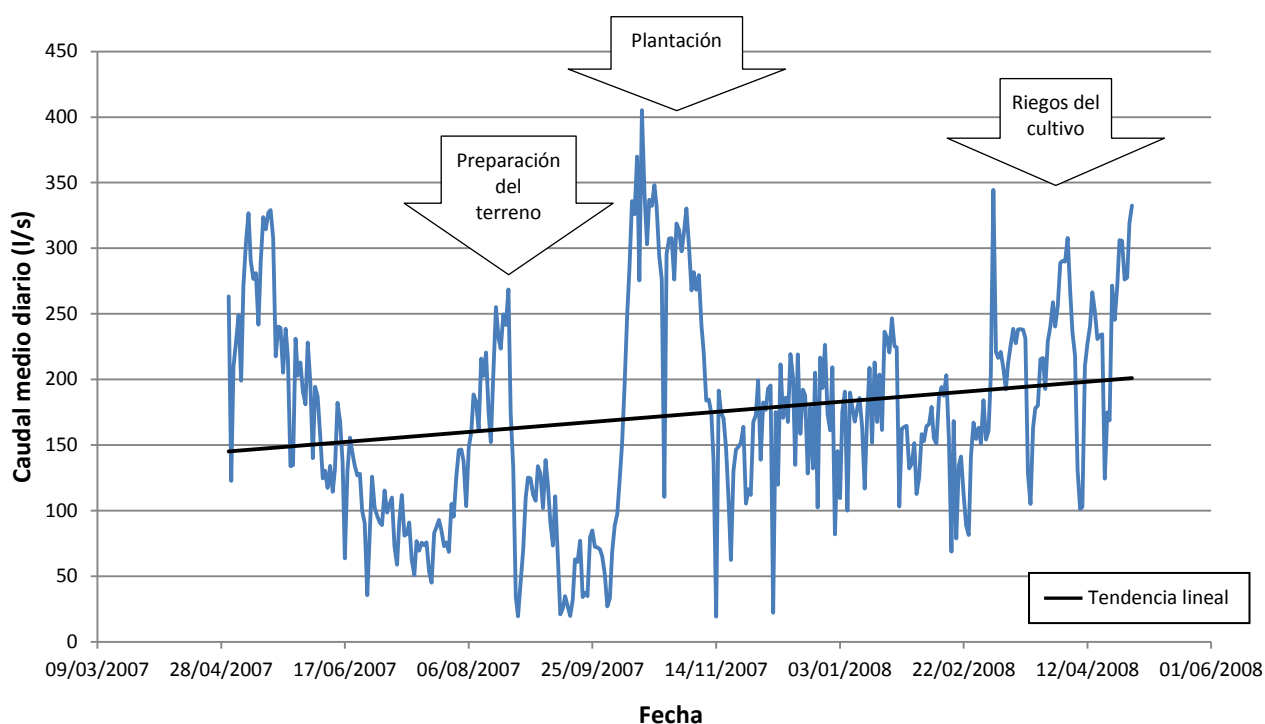


Figura 2.15. Caudal medio diario (l/s) suministrado por la estación de bombeo del sector II, desde mayo de 2007 a abril de 2008.

2.4.2. DATOS CLIMÁTICOS.

La estimación de las necesidades de agua de los cultivos precisa de una información meteorológica de calidad y que abarque la mayor parte de las superficies regadas. Esta información es hoy fácil de obtener con la ayuda de las estaciones meteorológicas automáticas, que cuentan con un adecuado plan de mantenimiento "in situ", así como con una exhaustiva revisión de los registros que suministran los sensores. Concretamente en la Comunidad Andaluza existe una red de estaciones agroclimáticas, denominadas RIA (Red Información Agroclimática), dependientes del Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA) de la Consejería de Agricultura y Pesca.

En la provincia de Huelva se cuenta con 12 estaciones agroclimáticas distribuidas en distintas localidades. Para este estudio se usan los datos climáticos procedentes de la estación de Moguer (latitud: 37° 08' 52" N; longitud: 06° 47' 28" W; altitud 87.0 m) por ser ésta la más próxima a Palos de la Frontera. Se dispone de datos diarios de temperatura (máxima, mínima, media), humedad relativa (máxima, mínima y media), velocidad del viento, dirección del viento, radiación solar, precipitación y evotranspiración potencial (ET_0), desde mayo de 2005 hasta abril de 2008.

La provincia onubense goza de un clima mediterráneo subtropical, clasificado como templado cálido, con influencias marítimas en el litoral. La temperatura media anual es de 18°C, variando las medias mensuales entre los 25°C para el mes más cálido y 11°C para el más frío. Las temperaturas mínimas excepcionalmente bajan de 0°C. En la figura 2.16 se muestra la variación estacional de la temperatura media diaria en la estación meteorología de Moguer.

Huelva cuenta con más de 3000 horas de luz anuales, lo que la convierte en la provincia española peninsular con mayor índice de insolación anual, junto a Almería.

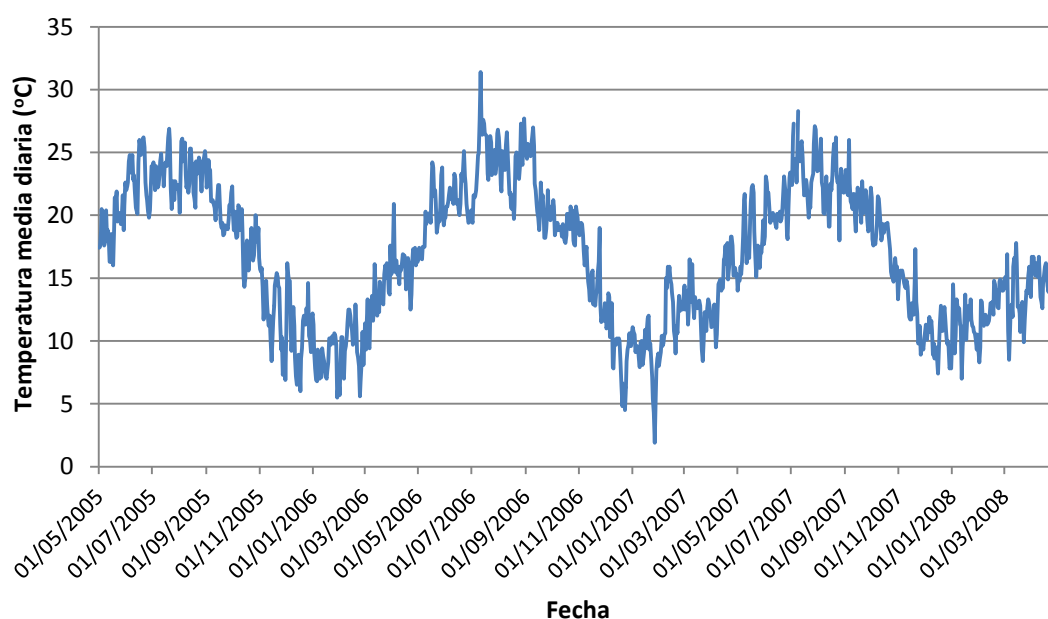


Figura 2.16. Distribución de la temperatura media (°C) recogida por la estación meteorológica de Moguer desde mayo de 2005 a abril de 2008.

La precipitación media anual de la provincia de Huelva es de aproximadamente 500 mm, aunque en años lluviosos se pueda llegar hasta 1000 mm. El máximo pluviométrico se encuentra a finales de otoño-invierno, mientras que en la estación estival escasean las lluvias, destacando el mes de julio con apenas precipitaciones registradas. En la figura 2.17 se muestra la variación estacional de las precipitaciones en la estación de Moguer desde mayo de 2005 a abril de 2008.

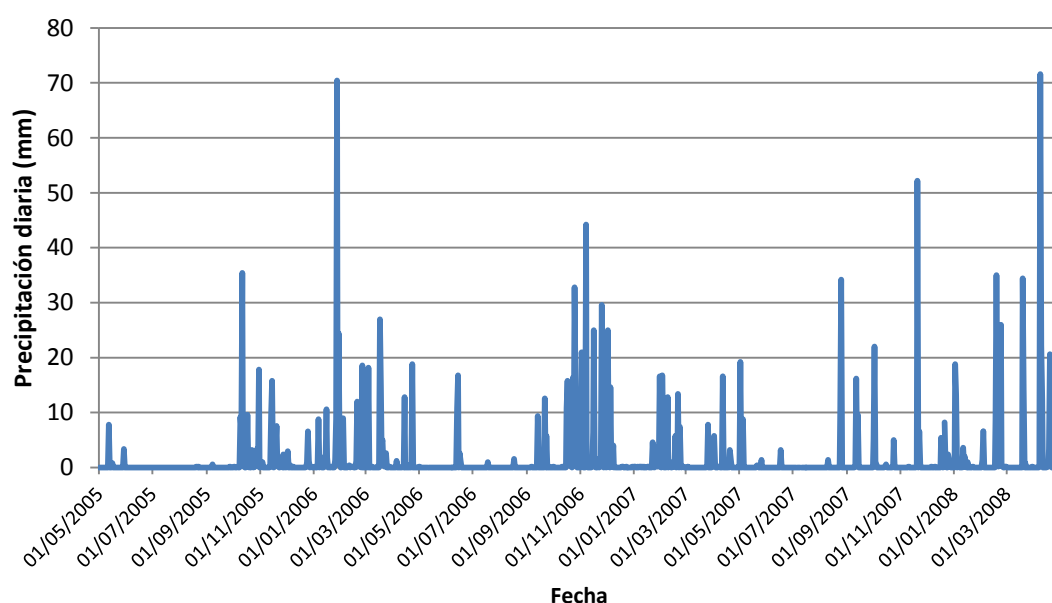


Figura 2.17. Distribución de las precipitaciones diarias (mm) recogida por la estación meteorológica de Moguer desde mayo de 2005 a abril de 2008.

Si se quiere profundizar en alguna otra característica específica relativa a la Comunidad de Regantes de Palos de la Frontera (Huelva) se recomienda se consulten los trabajos de Pérez-Urrestarazu (2007) y Pérez-Urrestarazu *et al.* (2009).

CAPÍTULO 3.

MATERIAL Y MÉTODOS.

3.1. Modelos de Redes Neuronales Artificiales.

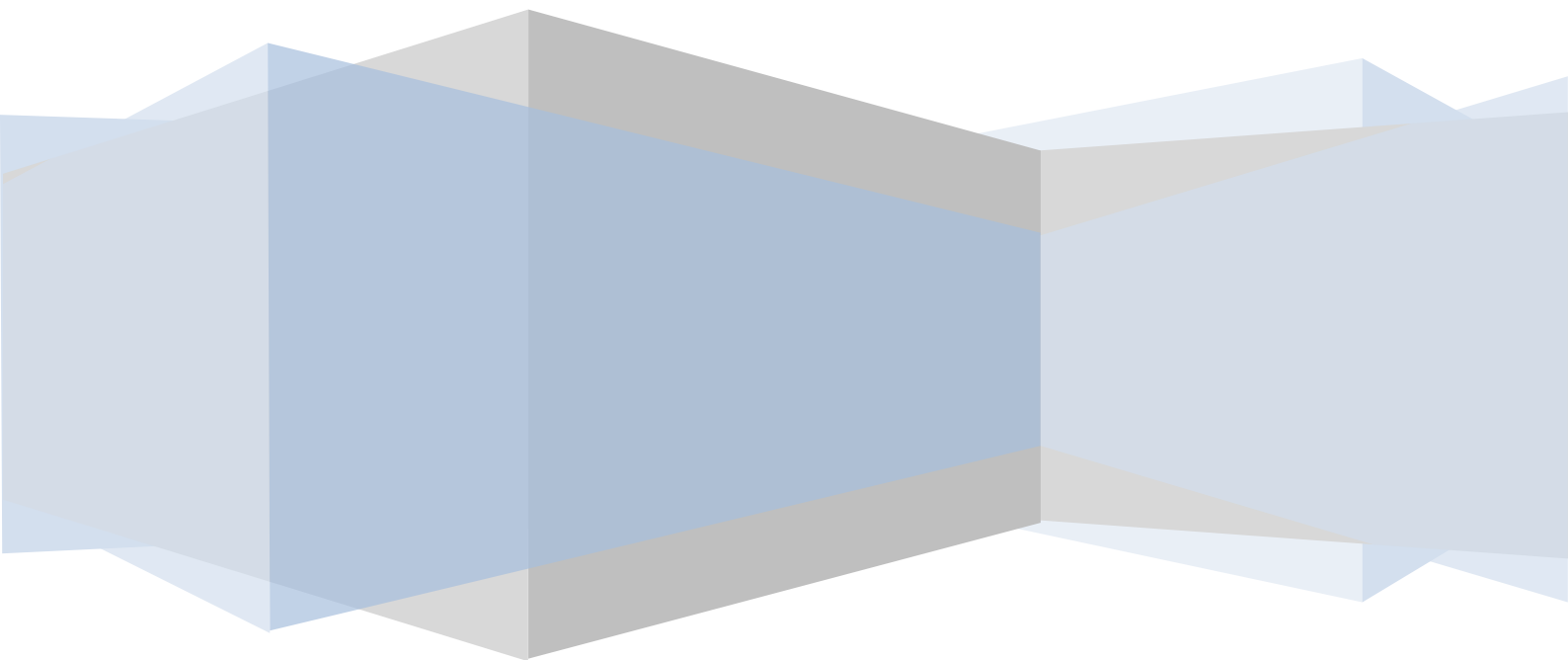
3.2. Modelos descriptivos y predictivos del caudal impulsado por la estación de bombeo.

3.3. Análisis de correlaciones cruzadas.

3.4. Pre-tratamiento de los datos de caudal registrados por el sistema SCADA.

3.5. Magnitudes de evaluación de los modelos.

3.6. Comparación de los modelos RNAs con Regresiones Lineales Múltiples.



CAPÍTULO 3. MATERIAL Y MÉTODOS.

3.1. MODELOS DE REDES NEURONALES ARTIFICIALES.

Una red neuronal artificial (RNA) es un modelo heurístico que copia la estructura de un sistema neuronal biológico con el fin de alcanzar una funcionalidad similar. El procesador elemental o neurona es un dispositivo simple de cálculo que, a partir de un vector de entrada del exterior o de otra neurona, proporciona una única respuesta o salida. En general una red neuronal consiste en el establecimiento de un conjunto de nodos o neuronas agrupadas en varias capas e interconectadas entre sí (capa de entrada, capas ocultas o intermedias y capa de salida). Las conexiones que unen a las neuronas tiene asociado un peso numérico, y el aprendizaje se realiza con la actualización de tales pesos (figura 3.1). Se denomina época al periodo de tiempo que comprende todas las iteraciones realizadas al presentar todos los patrones (conjunto de datos de entrenamiento y calibración) una sola vez. La actualización de los pesos se realiza al final de cada época.

Para la calibración y validación de los modelos de RNAs se ha utilizado el módulo correspondiente del software STATISTICA 6.0 (Statsoft, Inc., 1984-2002). Para las neuronas de la capa de salida se propuso como función de transferencia de la información entre neuronas la función lineal (I) y para cada neurona de las capas intermedias la función de transferencia logística, también conocida como sigmoide (s). De este modo, para que la respuesta de cada neurona de la red (incluida la salida) se encuentre en el intervalo $[0, 1]$ para cualquier entrada $(-\infty, \infty)$, los datos de caudales utilizados en este trabajo se sometieron a un proceso de escalado. Los algoritmos de aprendizaje seleccionados para la calibración y posterior validación de los modelos son: (a) el algoritmo de retropropagación estándar conocido como *backpropagation* (BP) (Rumelhart *et al.*, 1986); y (b) el algoritmo supervisado de segundo orden de Levenberg-Marquardt (LM) (Shepherd, 1997).

El algoritmo de aprendizaje de retropropagación estándar o *backpropagation* (Rumelhart *et al.*, 1986) es el algoritmo supervisado mas empleado en sistemas neuronales y su funcionamiento se basa en modificar los valores de los pesos proporcionalmente al gradiente de la función de error con el objeto de alcanzar un mínimo local (algoritmo de descenso por el gradiente). Ya que la velocidad de convergencia de este algoritmo es lenta, se han propuesto pasos adicionales para acelerar esta convergencia haciendo uso de información de segundo orden de la función de error, esto es, de sus derivadas segundas o, en forma matricial de su Hessiano (algoritmos de segundo orden). En el caso particular de una función de error a minimizar cuadrática, el Hessiano puede ser aproximado usando sólo las derivadas primeras de las salidas del sistema neuronal, como hace el algoritmo Gauss-Newton. Ya que este algoritmo puede presentar inestabilidad cuando la aproximación no es definida positiva, el algoritmo LM resuelve este problema introduciendo un término adaptativo, por lo que es recomendado como primera opción a ensayar por muchos autores (Tan y van Cauwenberghe, 1999; Martín-del-Brío y Sanz-Molina, 2001; Anctil y Rat, 2005).

Un aspecto fundamental de una red neuronal es su capacidad de generalizar a través de ejemplos. Por generalización se entiende la capacidad de la red de proporcionar una respuesta correcta ante patrones de comportamiento (conjunto de datos de validación) que no han sido empleados en su entrenamiento o calibración. De este modo, dada una arquitectura de red, esta deberá entrenarse hasta alcanzar el punto óptimo en el que el error de generalización o validación es mínimo. En este trabajo se ha utilizado un aprendizaje controlado mediante el método de validación interna (Tsoukalas y Uhrig, 1997; Gutiérrez-

Estrada *et al.*, 2004), es decir, que en el proceso de calibración de los modelos neuronales tras entrenar un número de épocas determinado, se recupera el conjunto de pesos que mejores resultados proporciona sobre el conjunto de validación interna.

En este trabajo, los datos de caudales impulsados por la estación de bombeo son los correspondientes al sector II de la zona regable de Palos de la Frontera (Huelva) (apartado 2.3.1). De este conjunto de datos se seleccionaron de forma aleatoria los siguientes subconjuntos: 40% calibración, 40% validación y 20% para validación interna.

Se probaron RNAs con 1 y 2 capas ocultas y con 4 a 80 nodos en cada una de las capas ocultas. Se seleccionó la red neuronal con mejor funcionamiento en el periodo de validación realizando 30 repeticiones del proceso de calibración para cada estructura de RNA (Anctil y Rat, 2005; Pérez-Martín *et al.*, 2006) ya que el conjunto de pesos inicial con el que se empieza el entrenamiento es aleatorio, y por tanto, al final del proceso no se llega a conseguir el mismo conjunto de pesos que mejores resultados proporciona.

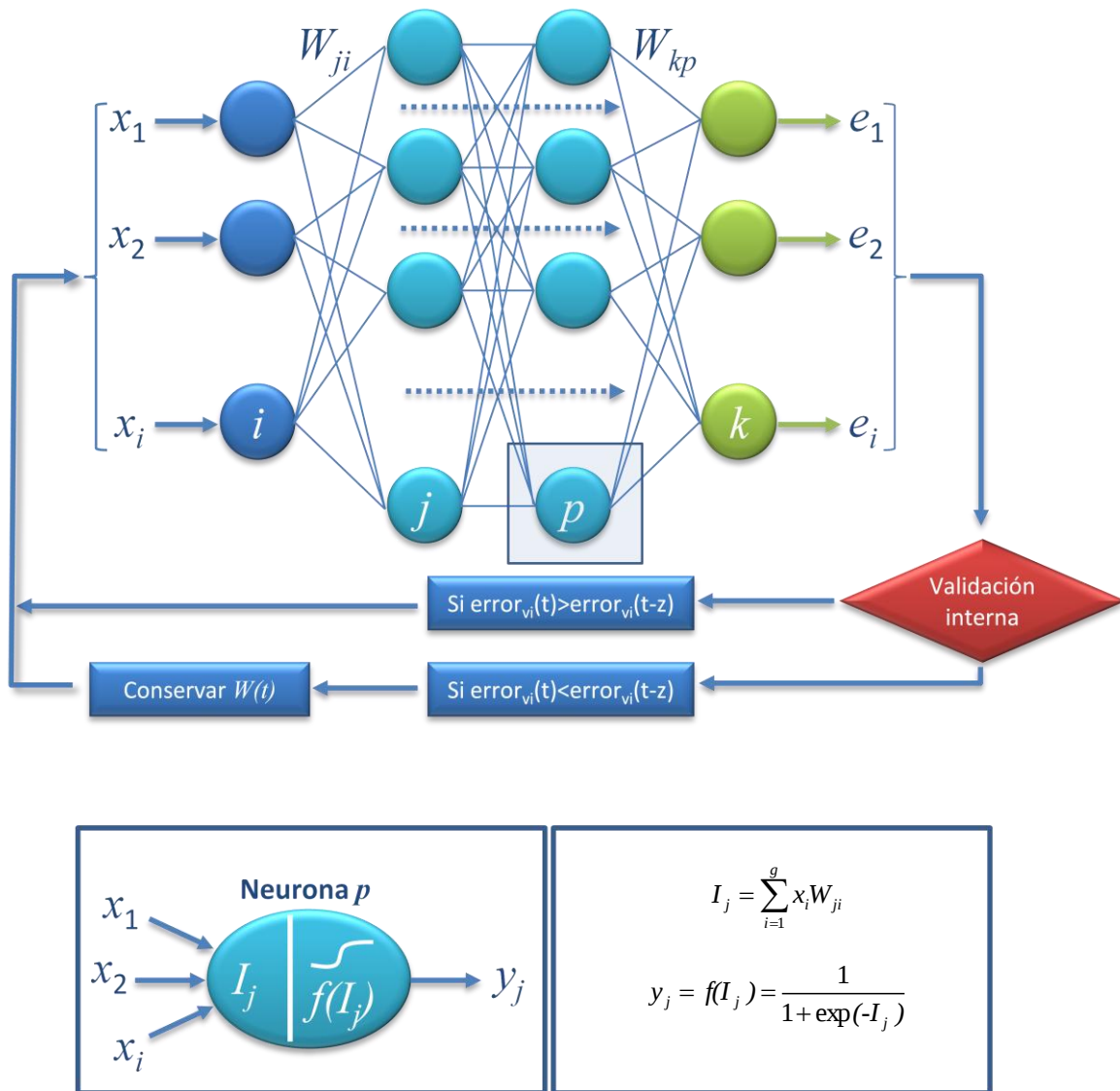


Figura 3.1. Red neuronal artificial con una capa de entrada de i neuronas, dos capas intermedias de j y p neuronas, respectivamente, y una capa de salida de k neuronas (i, j, p, k). Variables de entrada: $x_1, \dots, x_i$. Variables de salida de la red: $e_1, \dots, e_k$.

3.2. MODELOS DESCRIPTIVOS Y PREDICTIVOS DEL CAUDAL IMPULSADO POR LA ESTACIÓN DE BOMBEO.

En los modelos descriptivos se ha pretendido caracterizar el caudal diario impulsado por la estación de bombeo utilizando como variables independientes los datos climáticos diarios. Tanto el caudal impulsado (variable dependiente) como los datos climáticos (variables independientes) se han considerado en el mismo instante de tiempo t:

$$Q_t = f(T_{max_t}, T_{min_t}, T_{med_t}, HR_{max_t}, HR_{min_t}, HR_{med_t}, U_t, DV_t, RS_t, P_t, ET_{o_t}) \quad (3.1)$$

donde Q_t es caudal medio diario impulsado por la estación de bombeo en el tiempo t; T_{max_t} es la temperatura máxima diaria en el tiempo t; T_{min_t} es la temperatura mínima diaria en el tiempo t; T_{med_t} es la temperatura media diaria en el tiempo t; HR_{max_t} es la humedad relativa máxima diaria en el tiempo t; HR_{min_t} es la humedad relativa mínima diaria en el tiempo t; HR_{med_t} es la humedad relativa media diaria en el tiempo t; U_t es la velocidad del viento diaria en el tiempo t; DV_t es la dirección del viento diaria en el tiempo t; RS_t es la radiación solar diaria en el tiempo t; P_t es la precipitación diaria en el tiempo t; y ET_{o_t} es la evotranspiración potencial diaria en el tiempo t.

En los modelos predictivos se ha pretendido estimar el caudal diario impulsado por la estación de bombeo en el tiempo t utilizando como variables independientes datos climáticos y/o caudales impulsados en periodos de tiempo anteriores. Así en la ecuación (3.2) se representa la expresión de un modelo predictivo considerando sólo como variables independientes datos climáticos en periodos de tiempo previos, mientras que en la ecuación (3.3) se indica la dependencia del caudal impulsado en el tiempo t en función de datos climáticos y caudales impulsados en periodos anteriores de tiempo:

$$Q_t = f(T_{max_{t-1}}, \dots, T_{max_{t-n}}; T_{min_{t-1}}, \dots, T_{min_{t-n}}; T_{med_{t-1}}, \dots, T_{med_{t-n}}; HR_{max_{t-1}}, \dots, HR_{max_{t-n}}; HR_{min_{t-1}}, \dots, HR_{min_{t-n}}; HR_{med_{t-1}}, \dots, HR_{med_{t-n}}; U_{t-1}, \dots, U_{t-n}; DV_{t-1}, \dots, DV_{t-n}; RS_{t-1}, \dots, RS_{t-n}; P_{t-1}, \dots, P_{t-n}; ET_{o_{t-1}}, \dots, ET_{o_{t-n}}) \quad (3.2)$$

$$Q_t = f(Q_{t-1}, \dots, Q_{t-n}; T_{max_{t-1}}, \dots, T_{max_{t-n}}; T_{min_{t-1}}, \dots, T_{min_{t-n}}; T_{med_{t-1}}, \dots, T_{med_{t-n}}; HR_{max_{t-1}}, \dots, HR_{max_{t-n}}; HR_{min_{t-1}}, \dots, HR_{min_{t-n}}; HR_{med_{t-1}}, \dots, HR_{med_{t-n}}; U_{t-1}, \dots, U_{t-n}; DV_{t-1}, \dots, DV_{t-n}; RS_{t-1}, \dots, RS_{t-n}; P_{t-1}, \dots, P_{t-n}; ET_{o_{t-1}}, \dots, ET_{o_{t-n}}) \quad (3.3)$$

donde Q_t es caudal medio diario impulsado por la estación de bombeo en el tiempo t; Q_{t-n} es el caudal medio diario impulsado por la estación de bombeo en el tiempo t-n; $T_{max_{t-n}}$ es la temperatura máxima diaria en el tiempo t-n; $T_{min_{t-n}}$ es la temperatura mínima diaria en el tiempo t-n; $T_{med_{t-n}}$ es la temperatura media diaria en el tiempo t-n; $HR_{max_{t-n}}$ es la humedad relativa máxima diaria en el tiempo t-n; $HR_{min_{t-n}}$ es la humedad relativa mínima diaria en el tiempo t-n; $HR_{med_{t-n}}$ es la humedad relativa media diaria en el tiempo t-n; U_{t-n}

es la velocidad del viento diaria en el tiempo $t-n$; DV_{t-n} es la dirección del viento diaria en el tiempo $t-n$; RS_{t-n} es la radiación solar diaria en el tiempo $t-n$; P_{t-n} es la precipitación diaria en el tiempo $t-n$; y ET_{0t-n} es la evotranspiración potencial diaria en el tiempo $t-n$.

En este trabajo se han llegado a considerar retrasos de tiempo de hasta 10 días, es decir, $t-n=10$ días.

3.3. ANÁLISIS DE CORRELACIONES CRUZADAS.

Con el objetivo de reducir las variables independientes o variables de entrada y por tanto, de simplificar los modelos descriptivos y predictivos, se han realizado análisis de correlaciones cruzadas para evaluar qué variables climáticas son las más significativas para explicar la varianza de la variable dependiente o caudales impulsados por la estación de bombeo.

La correlación cruzada es una medida de la similitud entre dos variables. Si las variables son idénticas, la correlación cruzada tendrá un valor uno, y si son completamente diferentes tendrá un valor cero.

Se han seleccionado en los modelos simplificados aquellas variables independientes que tenían las mayores correlaciones cruzadas con la variable dependiente caudal impulsado.

3.4. PRE-TRATAMIENTO DE LOS DATOS DE CAUDAL REGISTRADOS POR EL SISTEMA SCADA.

La fiabilidad de las estimaciones de los caudales impulsados por la estación de bombeo depende en gran medida de la calidad y la cantidad de los datos disponibles. En nuestro caso hay datos suficientes para hacer un buen análisis, pero la calidad a la hora de imprecisiones y ruido puede ser cuestionable ya que se trata de datos registrados mediante sensores instalados en al sistema de distribución de agua que manda las señales al centro de control del sistema SCADA.

Para solucionar este problema, la información registrada por el SCADA referente a los caudales impulsados se ha tratado utilizando un suavizado triangular (Coulbeck, 1988; De Vries y Principe, 1991; Gutiérrez-Estrada *et al.*, 2004; Pulido-Calvo *et al.*, 2007):

$$S_j = \frac{x_{j-2} + 2x_{j-1} + 3x_j + 2x_{j+1} + x_{j+2}}{9} \quad \forall j = 3 \text{ a } n - 2 \quad (3.4)$$

donde S_j es la observación j en la serie de datos suavizados; x_j es la observación j en el conjunto de datos y n es el número total de observaciones en el conjunto de datos.

3.5. MAGNITUDES DE EVALUACIÓN DE LOS MODELOS.

Se han evaluado diversas medidas de error para asegurar el funcionamiento de las redes neuronales durante la fase de validación y así identificar el mejor modelo (Legates y McCabe Jr., 1999; Abrahart y See, 2000). El coeficiente de determinación (R^2) describe la proporción de la varianza total en los datos observados que pueden ser explicados por el modelo. Por otro lado, se ha usado una medida de varianza que es el coeficiente de eficiencia (E_2) (Nash y Sutcliffe, 1970; Kitanidis y Bras, 1980). Estos estimadores no están influenciados por el rango de variación de sus elementos y son empleados para ver hasta donde el modelo es capaz de explicar el total de la variación de los datos.

Asimismo, es apropiado cuantificar el error en términos de las unidades de la variable a estimar. Este tipo de medidas, o medidas de errores absolutos, incluyen la raíz cuadrada del error cuadrático medio RMSE:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Q_t - \hat{Q}_t)^2}{N}} \quad (3.5)$$

donde Q_t es el caudal observado en el tiempo t ; $\hat{Q}_t$ es el caudal estimado en el mismo tiempo t y N es el número total de observaciones del conjunto de datos de validación.

El coeficiente de eficiencia E_2 representa la proporción de la variación de los datos observados considerados por el modelo, y se calcula como:

$$E_2 = 1.0 - \frac{\sum_{i=1}^N |Q_t - \hat{Q}_t|^2}{\sum_{i=1}^N |Q_t - \bar{Q}|^2} \quad (3.6)$$

Un valor de cero para E_2 indica que el valor medio observado $\bar{Q}$ es un buen estimador como el modelo, mientras valores negativos indican que la media observada es un mejor estimador que el modelo (Legates y McCabe Jr., 1999).

Para admitir como aceptable la bondad del ajuste, los valores de R^2 y E_2 deben aproximarse a uno y los valores de RMSE a cero.

También el índice de persistencia (*persistence index*, PI) se usó para la evaluación del funcionamiento del modelo (Kitanidis y Bras, 1980):

$$PI = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (Q_t - \hat{Q}_t)^2}{\sum_{i=1}^N (Q_t - Q_{t-L})^2} \quad (3.7)$$

donde Q_{t-L} es el caudal observado en el tiempo $t - L$ y L es el intervalo de tiempo. En las aplicaciones realizadas L fue igual a uno, ya que sólo se consideraron predicciones para el día siguiente. Un valor de PI de uno indica un ajuste perfecto entre los valores estimados y

observados, y un valor de cero es equivalente a decir que el modelo no es mejor que un modelo “naïve”, el cual da siempre como predicción la observación previa. Un valor negativo de PI significaría que el modelo está alterando la información original, mostrando un funcionamiento peor que un modelo “naïve” (Ancil y Rat, 2005).

3.6. COMPARACIÓN DE LOS MODELOS RNAs CON REGRESIONES LINEALES MÚLTIPLES.

El análisis de regresión múltiple pretende obtener una ecuación lineal que permita estimar la variable dependiente o criterio e , conocidos los valores que presentan las q variables independientes o predictivas, $x_1, \dots, x_q$:

$$e = b_0 + b_1x_1 + \dots + b_qx_q \quad (3.8)$$

donde los parámetros $b_0, b_1, \dots, b_q$ representan las contribuciones de cada variable independiente a la predicción de la variable dependiente. Para aceptar con una seguridad cuantificada la validez del modelo diseñado se analiza la significación estadística global de la relación de e con las variables predictivas $x_1, \dots, x_q$, mediante el análisis de la varianza (Hair *et al.*, 1999).

CAPÍTULO 4.

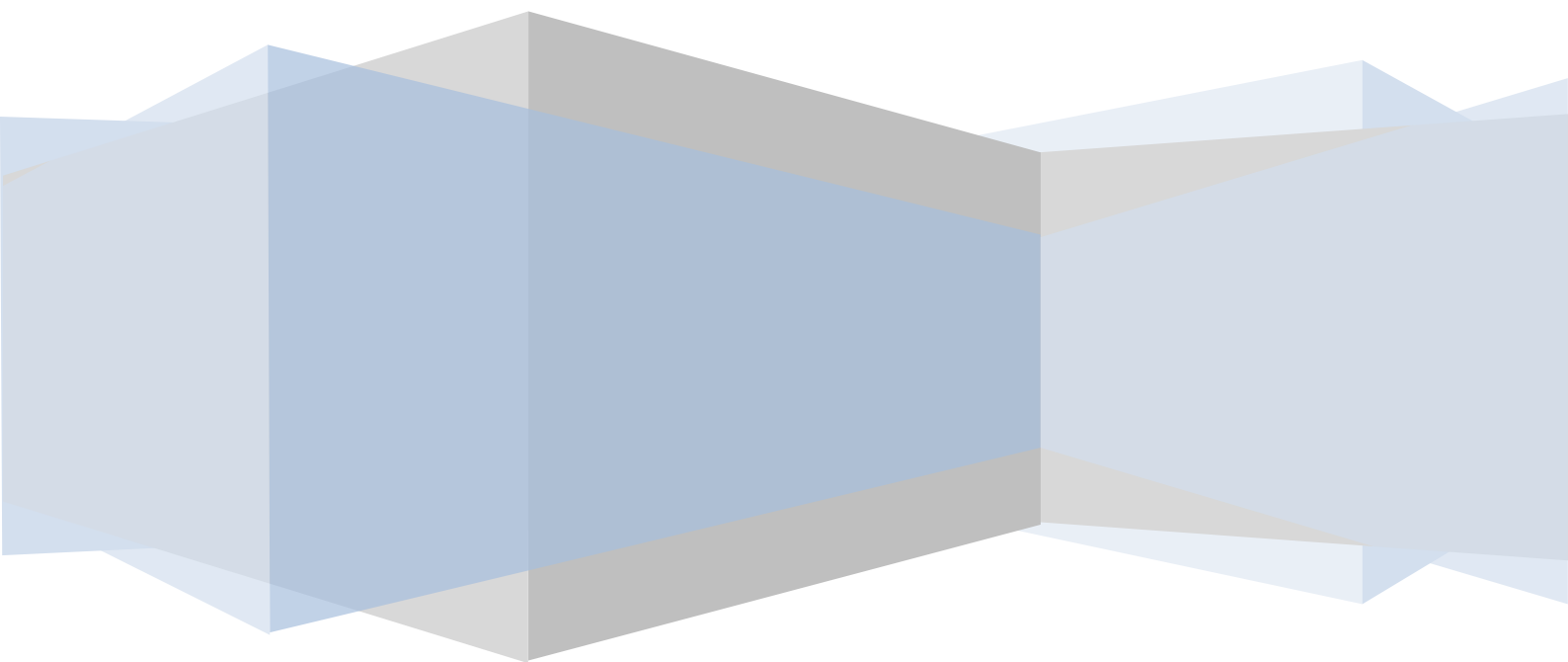
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. Modelos neuronales descriptivos considerando como variables independientes datos climáticos.

4.2. Modelos neuronales predictivos considerando como variables independientes datos climáticos de días anteriores.

4.3. Modelos neuronales predictivos considerando como variables independientes datos climáticos y de caudales impulsados en días previos.

4.4. Comparación con modelos descriptivos y predictivos usando Regresiones Lineales Múltiples.



CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. MODELOS NEURONALES DESCRIPTIVOS CONSIDERANDO COMO VARIABLES INDEPENDIENTES DATOS CLIMÁTICOS.

En la tabla 4.1 se muestran los resultados obtenidos con los modelos simulados de redes neuronales considerando como variables de entrada o variables independientes todos los datos climáticos (ecuación 3.1).

Tabla 4.1. Resultados de las magnitudes de error para los modelos descriptivos analizados empleando todas las variables climáticas diarias:

$$Q_t = (T_{max_t}, T_{min_t}, T_{med_t}, HR_{max_t}, HR_{min_t}, HR_{med_t}, U_t, DV_t, RS_t, P_t, ET_{o_t}).$$

RNA	Algoritmo de entrenamiento	Número de épocas	R	R ²	E ₂	PI	RMSE (l/s)
11:07:01	BP	10000	0.65	0.42	0.42	-0.59	61.13
11:13:01	BP	10000	0.65	0.42	0.42	-0.57	60.83
11:19:01	BP	10000	0.68	0.46	0.46	-0.47	58.84
11:07:01	LM	500	0.68	0.46	0.45	-0.49	59.19
11:13:01	LM	500	0.67	0.45	0.43	-0.54	60.13
11:19:01	LM	500	0.74	0.54	0.53	-0.29	55.08
11:07:07:01	BP	10000	0.69	0.47	0.47	-0.45	58.45
11:13:13:01	BP	10000	0.72	0.52	0.51	-0.33	56.00
11:19:19:01	BP	10000	0.71	0.50	0.50	-0.37	56.82
11:07:07:01	LM	500	0.67	0.45	0.44	-0.53	60.00
11:13:13:01	LM	500	0.65	0.42	0.41	-0.59	61.18
11:19:19:01	LM	500	0.69	0.48	0.46	-0.48	59.02

*BP; algoritmo de entrenamiento *back-propagation*.

*LM; algoritmo de entrenamiento *Levenberg-Marquardt*.

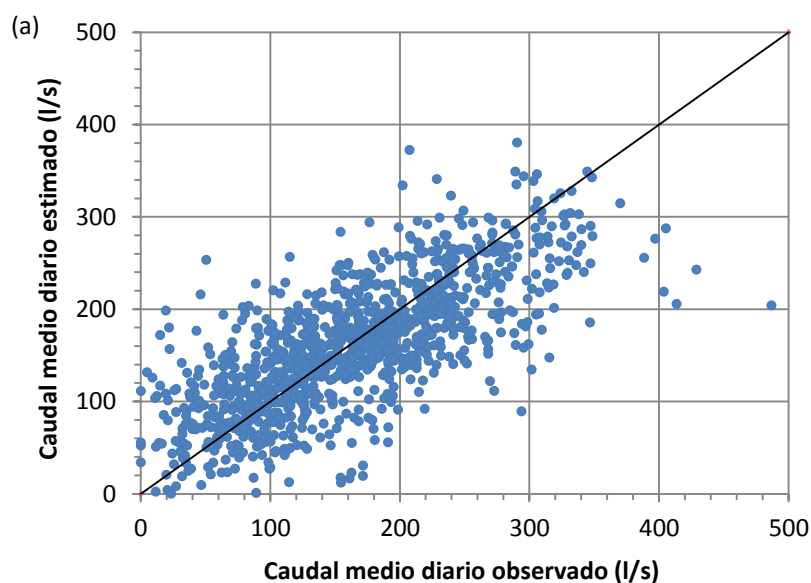


Figura 4.1(a). Caudales medios diarios observados y estimados por el mejor modelo descriptivo (11:19:01) sin proceso de suavizado: Valores observados versus valores estimados [modelo $Q_t = (T_{max_t}, T_{min_t}, T_{med_t}, HR_{max_t}, HR_{min_t}, HR_{med_t}, U_t, DV_t, RS_t, P_t, ET_{o_t})$].

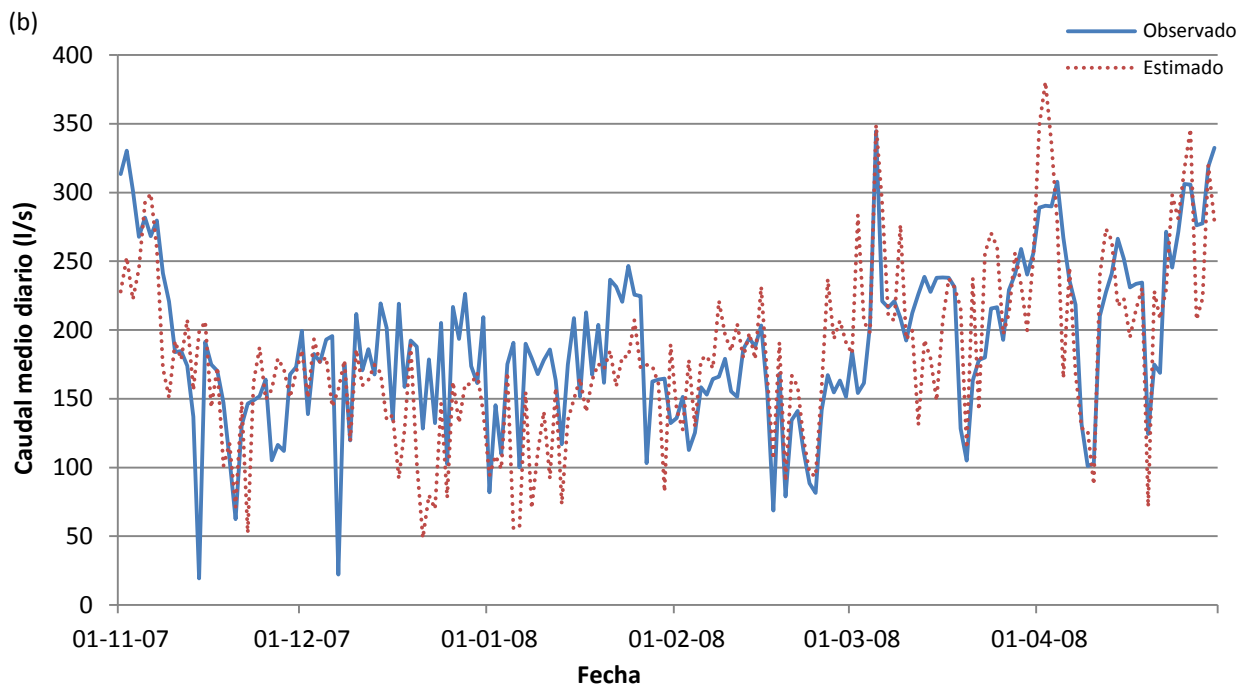


Figura 4.1(b). Caudales medios diarios observados y estimados por el mejor modelo descriptivo (11:19:01) sin proceso de suavizado: Ejemplo de serie temporal de los valores observados y estimados [modelo $Q_t = (T_{max_t}, T_{min_t}, T_{med_t}, HR_{max_t}, HR_{min_t}, HR_{med_t}, U_t, DV_t, RS_t, P_t, ET_{o_t})$].

Un análisis de los resultados obtenidos indica que la mejor red neuronal presenta una estructura 11:19:01, es decir, once neuronas en la capa de entrada, diecinueve neuronas en la capa oculta y una neurona en la capa de salida. Esta red neuronal se ha entrenado con el algoritmo LM y con un número total de 500 épocas. En las figuras 4.1(a) y 4.1(b) se han representado gráficamente los caudales medios diarios observados y estimados de este mejor modelo descriptivo.

Los coeficientes de correlación y eficiencia resultantes ($R=0.74$ y $E_2=0.53$) pueden considerarse estadísticamente aceptables. Esto no ocurre con el índice de persistencia PI que presenta un valor de -0.29 . Por tanto, para evaluar si mejores estimaciones pueden ser obtenidas se plantea un análisis de correlación cruzada entre todas las variables consideradas en el mismo instante de tiempo, con el fin de obtener modelos más parsimoniosos o simples (tabla 4.2).

Tabla 4.2. Matriz de correlaciones cruzadas entre las variables de caudal y los datos climáticos en el mismo instante de tiempo.

	Q (l/s)	T_{max} (°C)	T_{min} (°C)	T_{med} (°C)	HR_{max} (%)	HR_{min} (%)	HR_{med} (%)	U (m/s)	DV (°)	RS (MJ/m ² día)	P (mm)	ET_0 (mm/día)
Q (l/s)	1	-0.06	-0.26	-0.18	-0.04	-0.25	-0.16	-0.05	-0.09	0.09	-0.21	-0.02
T_{max} (°C)	-0.06	1	0.77	0.94	-0.40	-0.59	-0.64	0.01	0.21	0.75	-0.23	0.84
T_{min} (°C)	-0.26	0.77	1	0.92	-0.26	-0.08	-0.29	0.28	0.31	0.51	0.01	0.68
T_{med} (°C)	-0.18	0.94	0.92	1	-0.35	-0.36	-0.50	0.18	0.31	0.70	-0.10	0.84
HR_{max} (%)	-0.04	-0.40	-0.26	-0.35	1	0.53	0.77	-0.26	-0.11	-0.37	0.15	-0.44
HR_{min} (%)	-0.25	-0.59	-0.08	-0.36	0.53	1	0.87	0.06	-0.06	-0.63	0.36	-0.58
HR_{med} (%)	-0.16	-0.64	-0.29	-0.50	0.77	0.87	1	-0.16	-0.15	-0.67	0.32	-0.69
U (m/s)	-0.05	0.01	0.28	0.18	-0.26	0.06	-0.16	1	0.31	0.18	0.30	0.27
DV (°)	-0.09	0.21	0.31	0.31	-0.11	-0.06	-0.15	0.31	1	0.41	-0.05	0.42
RS (MJ/m ² día)	0.09	0.75	0.51	0.70	-0.37	-0.63	-0.67	0.18	0.41	1	-0.34	0.95
P (mm)	-0.21	-0.23	0.01	-0.10	0.15	0.36	0.32	0.30	-0.05	-0.34	1	-0.23
ET_0 (mm/día)	-0.02	0.84	0.68	0.84	-0.44	-0.58	-0.69	0.27	0.42	0.95	-0.23	1

Q Caudal medio diario; T_{max} Temperatura máxima diaria; T_{min} Temperatura mínima diaria; T_{med} Temperatura media diaria; HR_{max} Humedad relativa máxima diaria; HR_{min} Humedad relativa mínima diaria; HR_{med} Humedad relativa media diaria; U Velocidad del viento diaria; DV Dirección del viento diaria; RS Radiación solar diaria; P Precipitación diaria; ET_0 Evotranspiración potencial diaria.

Con los valores obtenidos en el análisis de correlaciones cruzadas (tabla 4.2), se observa como las variables climáticas que tienen mayor correlación con la variable dependiente caudal impulsado Q son: temperatura mínima (T_{min}) con $R=-0.26$, humedad relativa mínima (HR_{min}) con $R=-0.25$ y precipitación (P) con $R=-0.21$. También se puede apreciar en el análisis de correlaciones cruzadas que las variables radiación solar (RS) y evotranspiración potencial (ET_0) están muy correlacionadas entre ellas ($R=0.95$). Se decidió elaborar un primer modelo descriptivo que incluía junto a las tres variables anteriores (T_{min} , HR_{min} y P) la variable RS , es decir, el modelo descriptivo tendría la forma:

$$Q_t = f(T_{min_t}, HR_{min_t}, RS_t, P_t) \quad (4.1)$$

En la tabla 4.3 se muestran las magnitudes de error para este modelo descriptivo.

Tabla 4.3. Resultados de las magnitudes de error para los modelos descriptivos analizados empleando las variables climáticas diarias temperatura mínima, humedad relativa mínima, radiación solar y precipitación: $Q_t = f(T_{min_t}, HR_{min_t}, RS_t, P_t)$.

RNA	Algoritmo de entrenamiento	Número de épocas	R	R ²	E ₂	PI	RMSE (l/s)
04:04:01	BP	10000	0.61	0.37	0.36	-0.73	63.77
04:07:01	BP	10000	0.62	0.39	0.38	-0.68	62.81
04:10:01	BP	10000	0.63	0.40	0.40	-0.64	62.05
04:04:01	LM	500	0.63	0.40	0.40	-0.64	62.19
04:07:01	LM	500	0.64	0.40	0.40	-0.62	61.77
04:10:01	LM	500	0.63	0.40	0.40	-0.64	62.14
04:04:04:01	BP	10000	0.63	0.40	0.40	-0.63	62.02
04:07:07:01	BP	10000	0.66	0.44	0.44	-0.52	59.89
04:10:10:01	BP	10000	0.67	0.44	0.44	-0.53	60.07
04:04:04:01	LM	500	0.66	0.44	0.43	-0.54	60.29
04:07:07:01	LM	500	0.67	0.45	0.44	-0.51	59.65
04:10:10:01	LM	500	0.66	0.43	0.42	-0.57	60.81

*BP; algoritmo de entrenamiento *backpropagation*.

*LM; algoritmo de entrenamiento *Levenberg-Marquardt*.

Según los resultados obtenidos en la tabla 4.3, el mejor modelo se tiene con una red neuronal 04:07:07:01, es decir, cuatro neuronas en la capa de entrada, dos capas ocultas con siete neuronas en cada una de ellas y una neurona en la capa de salida. Esta red neuronal ha sido entrenada mediante el algoritmo LM y con un número total de 500 épocas. Se llega a obtener un coeficiente de determinación de 0.45 y un coeficiente de eficiencia de 0.44. El índice de persistencia PI tiene un valor poco aceptable (PI=-0.51).

Para comprobar si mejoras podían ser conseguidas en el modelo descriptivo anterior (ecuación 4.1), se plantean dos nuevos modelos cuyas expresiones son las que se indican a continuación:

$$Q_t = f(T_{max_t}, T_{min_t}, HR_{max_t}, HR_{min_t}, RS_t, P_t) \quad (4.2)$$

$$Q_t = f(T_{med_t}, HR_{med_t}, RS_t, P_t) \quad (4.3)$$

Tabla 4.4. Resultados de las magnitudes de error para los modelos descriptivos analizados empleando las variables climáticas diarias temperatura máxima, temperatura mínima, humedad relativa máxima, humedad relativa mínima, radiación solar y precipitación:

$$Q_t = f(T_{max_t}, T_{min_t}, HR_{max_t}, HR_{min_t}, RS_t, P_t).$$

RNA	Algoritmo de entrenamiento	Número de épocas	R	R ²	E ₂	PI	RMSE (l/s)
06:04:01	BP	10000	0.61	0.38	0.38	-0.70	63.18
06:07:01	BP	10000	0.63	0.39	0.39	-0.65	62.42
06:10:01	BP	10000	0.63	0.39	0.39	-0.65	62.28
06:04:01	LM	500	0.65	0.43	0.43	-0.56	60.56
06:07:01	LM	500	0.62	0.38	0.38	-0.69	63.02
06:10:01	LM	500	0.64	0.41	0.41	-0.60	61.43
06:04:04:01	BP	10000	0.63	0.40	0.40	-0.64	62.14
06:07:07:01	BP	10000	0.68	0.46	0.46	-0.46	58.67
06:10:10:01	BP	10000	0.69	0.48	0.48	-0.41	57.69
06:04:04:01	LM	500	0.66	0.43	0.43	-0.53	59.93
06:07:07:01	LM	500	0.66	0.43	0.42	-0.57	60.80
06:10:10:01	LM	500	0.67	0.45	0.44	-0.52	59.77

*BP; algoritmo de entrenamiento *backpropagation*.

*LM; algoritmo de entrenamiento *Levenberg-Marquardt*.

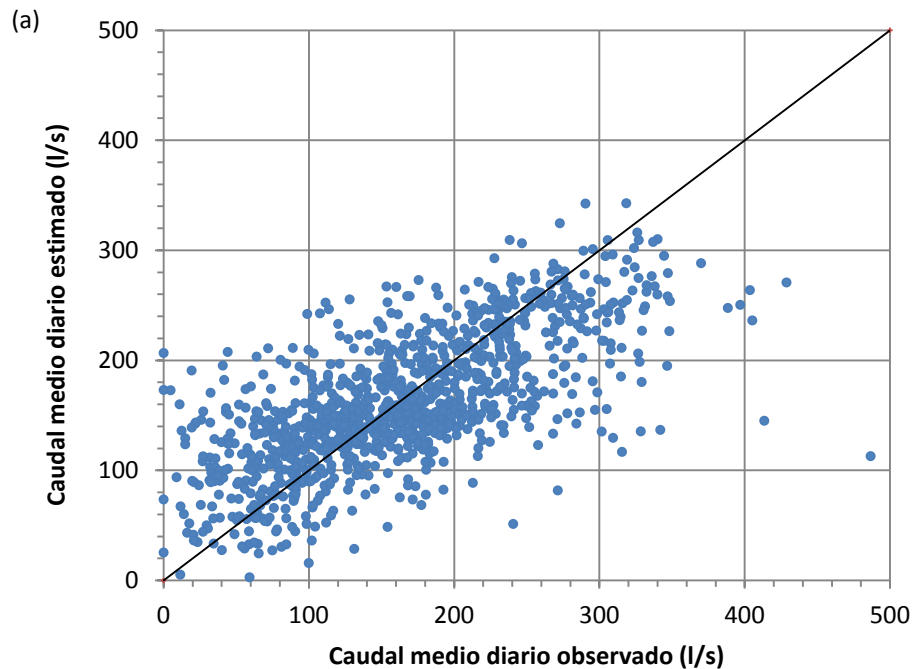


Figura 4.2(a). Caudales medios diarios observados y estimados por el mejor modelo descriptivo (06:10:10:01) sin proceso de suavizado: Valores observados versus valores estimados [modelo $Q_t = f(T_{max_t}, T_{min_t}, HR_{max_t}, HR_{min_t}, RS_t, P_t)$].

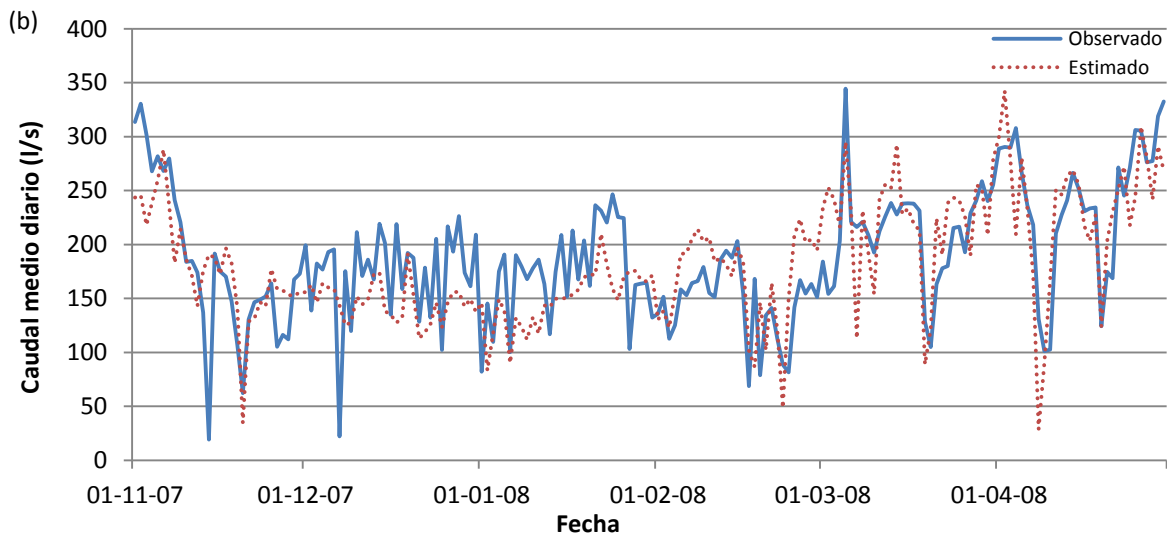


Figura 4.2(b). Caudales medios diarios observados y estimados por el mejor modelo descriptivo (06:10:10:01) sin proceso de suavizado: Ejemplo de serie temporal de los valores observados y estimados [modelo $Q_t = f(T_{max_t}, T_{min_t}, HR_{max_t}, HR_{min_t}, RS_t, P_t)$].

En la tabla 4.4 se muestran los resultados obtenidos con los modelos simulados de redes neuronales considerando como variables de entrada o variables independientes los datos climáticos diarios de temperatura máxima, temperatura mínima, humedad relativa máxima, humedad relativa mínima, radiación solar y precipitación. A la vista de los resultados obtenidos, puede decirse que el mejor modelo se obtiene con la red neuronal 06:10:10:01, es decir, seis neuronas en la capa de entrada, dos capas ocultas con diez neuronas en cada una y una neurona en la capa de salida. Esta red neuronal ha sido entrenada con el algoritmo BP y con 10000 épocas. Como coeficientes de correlación y eficiencia resultantes tenemos $R=0.69$ y $E_2=0.48$. El coeficiente PI es de -0.41 . Tanto los caudales medios diarios observados como estimados de este modelo descriptivo quedan representados en las figuras 4.2(a) y 4.2(b).

Tabla 4.5. Resultados de las magnitudes de error para los modelos descriptivos analizados empleando las variables climáticas diarias temperatura media, humedad relativa media, radiación solar y precipitación: $Q_t = f(T_{med_t}, HR_{med_t}, RS_t, P_t)$.

RNA	Algoritmo de entrenamiento	Número de épocas	R	R^2	E_2	PI	RMSE (l/s)
04:04:01	BP	10000	0.62	0.39	0.38	-0.67	62.73
04:07:01	BP	10000	0.62	0.39	0.38	-0.67	62.76
04:10:01	BP	10000	0.64	0.40	0.40	-0.62	61.74
04:04:01	LM	500	0.61	0.38	0.38	-0.70	63.17
04:07:01	LM	500	0.67	0.45	0.45	-0.50	59.42
04:10:01	LM	500	0.66	0.44	0.43	-0.54	60.16
04:04:04:01	BP	10000	0.67	0.45	0.44	-0.51	59.59
04:07:07:01	BP	10000	0.68	0.46	0.46	-0.47	58.83
04:10:10:01	BP	10000	0.68	0.46	0.46	-0.46	58.71
04:04:04:01	LM	500	0.66	0.44	0.44	-0.52	59.91
04:07:07:01	LM	500	0.68	0.46	0.46	-0.47	58.75
04:10:10:01	LM	500	0.68	0.46	0.46	-0.47	58.78

*BP; algoritmo de entrenamiento *backpropagation*.

*LM; algoritmo de entrenamiento *Levenberg-Marquardt*.

En la tabla 4.5 se muestran los resultados obtenidos con los modelos simulados de redes neuronales considerando como variables de entrada o variables independientes los datos climáticos diarios de temperatura media, humedad relativa media, radiación solar y precipitación. Un análisis de los resultados obtenidos en dicha tabla indican que la mejor red neuronal se estructura como 04:10:10:01, es decir, cuatro neuronas en la capa de entrada, dos capas ocultas con diez neuronas cada una de ellas y una neurona en la capa de salida. El algoritmo de entrenamiento fue BP y la calibración se llevo a cabo con un total de 500 épocas. Entre las magnitudes de errores resultantes cabe destacar el coeficiente de correlación de 0.68, el coeficiente de determinación de 0.46 y el índice de persistencia de -0.46.

Como se indicó en el apartado de Material y métodos, también se ha planteado el suavizado de los datos de caudal impulsado registrados por el sistema SCADA. En las tablas 4.6, 4.7, 4.8, y 4.9 se muestran los resultados de las magnitudes de error de los mejores modelos anteriores incluyendo la variable suavizada caudal impulsado medio diario. Las expresiones anteriores (ecuaciones 3.1, 4.1, 4.2, 4.3) quedan modificadas de la siguiente manera:

$$Q_{t_s} = f(T_{max_t}, T_{min_t}, T_{med_t}, HR_{max_t}, HR_{min_t}, HR_{med_t}, U_t, DV_t, RS_t, P_t, ET_{o_t}) \quad (4.4)$$

$$Q_{t_s} = f(T_{min_t}, HR_{min_t}, RS_t, P_t) \quad (4.5)$$

$$Q_{t_s} = f(T_{max_t}, T_{min_t}, HR_{max_t}, HR_{min_t}, RS_t, P_t) \quad (4.6)$$

$$Q_{t_s} = f(T_{med_t}, HR_{med_t}, RS_t, P_t) \quad (4.7)$$

Tabla 4.6. Resultados de las magnitudes de error para los modelos descriptivos analizados con caudal suavizado empleando todas las variables climáticas diarias:

$$Q_{t_s} = f(T_{max_t}, T_{min_t}, T_{med_t}, HR_{max_t}, HR_{min_t}, HR_{med_t}, U_t, DV_t, RS_t, P_t, ET_{o_t}).$$

RNA	Algoritmo de entrenamiento	Número de épocas	R	R ²	E ₂	PI	RMSE (l/s)
11:19:01	LM	500	0.69	0.48	0.48	-8.58	51.63
11:13:13:01	BP	10000	0.75	0.57	0.56	-7.13	47.56
11:19:19:01	BP	10000	0.78	0.60	0.58	-6.70	46.30
11:19:19:01	LM	500	0.68	0.46	0.46	-8.93	52.58

*BP; algoritmo de entrenamiento *backpropagation*.

*LM; algoritmo de entrenamiento *Levenberg-Marquardt*.

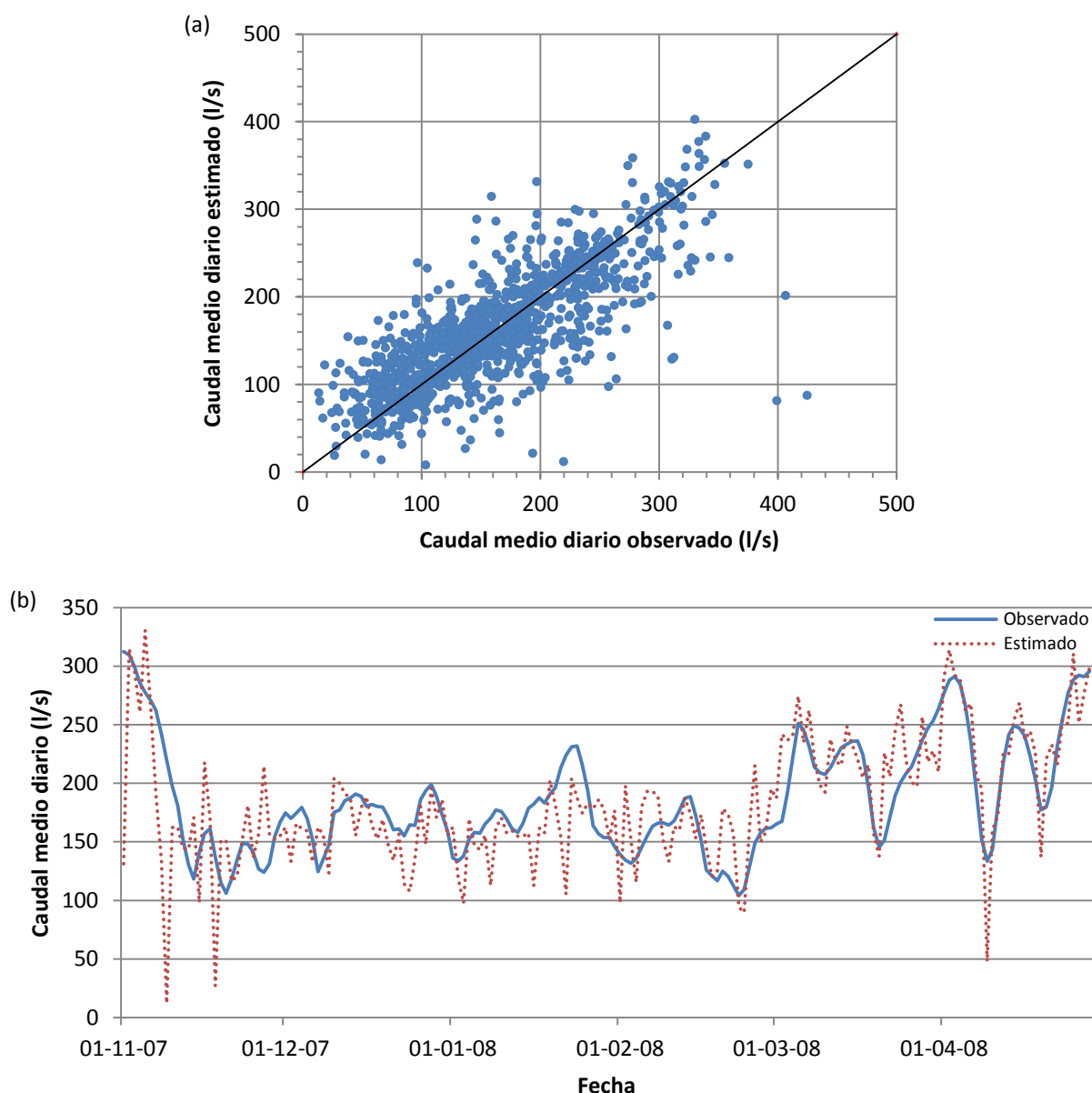


Figura 4.3. Caudales medios diarios observados y estimados por el mejor modelo descriptivo (11:19:19:01) (algoritmo BP) con proceso de suavizado: (a) Valores observados versus valores estimados; y (b) ejemplo de serie temporal de los valores observados y estimados [modelo $Q_{ts} = f(T_{max_t}, T_{min_t}, T_{med_t}, HR_{max_t}, HR_{min_t}, HR_{med_t}, U_t, DV_t, RS_t, P_t, ET_{o_t})$].

Tabla 4.7. Resultados de las magnitudes de error para los modelos descriptivos analizados con caudal suavizado empleando las variables climáticas diarias temperatura mínima, humedad relativa mínima, radiación solar y precipitación: $Q_{ts} = f(T_{min_t}, HR_{min_t}, RS_t, P_t)$.

RNA	Algoritmo de entrenamiento	Número de épocas	R	R ²	E ₂	PI	RMSE (l/s)
04:07:07:01	BP	10000	0.66	0.44	0.43	-9.41	53.82
04:10:10:01	BP	10000	0.69	0.48	0.48	-8.60	51.69
04:07:07:01	LM	500	0.68	0.46	0.46	-9.00	52.75
04:10:10:01	LM	500	0.66	0.44	0.43	-9.44	53.91

*BP; algoritmo de entrenamiento *backpropagation*.

*LM; algoritmo de entrenamiento *Levenberg-Marquardt*.

Tabla 4.8. Resultados de las magnitudes de error para los modelos descriptivos analizados con caudal suavizado empleando las variables climáticas diarias temperatura máxima, temperatura mínima, humedad relativa máxima, humedad relativa mínima, radiación solar y precipitación:

$$Q_{ts} = f(T_{max_t}, T_{min_t}, HR_{max_t}, HR_{min_t}, RS_t, P_t).$$

RNA	Algoritmo de entrenamiento	Número de épocas	R	R ²	E ₂	PI	RMSE (l/s)
06:07:07:01	BP	10000	0.68	0.46	0.45	-9.16	53.16
06:10:10:01	BP	10000	0.69	0.48	0.46	-8.93	52.56
06:04:04:01	LM	500	0.65	0.42	0.42	-9.66	54.46
06:10:10:01	LM	500	0.67	0.45	0.45	-9.20	53.29

*BP; algoritmo de entrenamiento *backpropagation*.

*LM; algoritmo de entrenamiento *Levenberg-Marquardt*.

Tabla 4.9. Resultados de las magnitudes de error para los modelos descriptivos analizados con caudal suavizado empleando las variables climáticas diarias temperatura media, humedad relativa media, radiación solar y precipitación: $Q_{ts} = f(T_{med_t}, HR_{med_t}, RS_t, P_t)$.

RNA	Algoritmo de entrenamiento	Número de épocas	R	R ²	E ₂	PI	RMSE (l/s)
04:07:07:01	BP	10000	0.70	0.49	0.49	-8.44	51.27
04:10:10:01	BP	10000	0.71	0.51	0.50	-8.03	50.13
04:07:07:01	LM	500	0.70	0.49	0.49	-8.38	51.10
04:10:10:01	LM	500	0.71	0.51	0.50	-8.13	50.39

*BP; algoritmo de entrenamiento *backpropagation*.

*LM; algoritmo de entrenamiento *Levenberg-Marquardt*.

Los mejores resultados de las magnitudes de error para los modelos descriptivos analizados con caudal suavizado se obtuvieron empleando todas las variables climáticas (tabla 4.6), siendo la mejor red neuronal 11:19:19:01, es decir, once neuronas en la capa de entrada, dos capas ocultas con diecinueve neuronas cada una de ellas y una neurona en la capa de salida. Esta red fue entrenada con el algoritmo BP y con un total de 10000 épocas. Como coeficientes de correlación y eficiencia se obtuvo 0.78 y 0.58, respectivamente. El índice de persistencia PI tomó un valor de -6.70. En la figura 4.3 queda representado tanto el caudal observado como el estimado de este modelo neuronal.

De todos los modelos neuronales descriptivos evaluados en este apartado se puede observar que los mejores resultados se obtienen considerando como variables independientes todos los datos climáticos registrados (tabla 4.10). Así las magnitudes de evaluación de los coeficientes de correlación (R) y de eficiencia (E₂) presentan valores estadísticamente aceptables, del orden de 0.7 y 0.5, respectivamente.

De forma global, también se aprecian mejores resultados en todos los modelos descriptivos planteados considerando el suavizado de la variable dependiente caudal impulsado, lo cual es lógico, ya que se elimina el ruido presente en los datos registrados por el sistema de telecontrol. Se llegan a tener coeficientes de correlación y de eficiencia del orden de 0.8 y 0.6, respectivamente (tabla 4.10).

Sin embargo, deben indicarse los valores no aceptables del índice de persistencia PI en todos los modelos descriptivos, con valores en todos los casos menores a -0.2. Esto se aprecia en el desplazamiento entre los valores observados y estimados representados en las series temporales de las figuras 4.1(b), 4.2(b) y 4.3.

Tabla 4.10. Magnitudes de error de los mejores modelos neuronales descriptivos.

Ecuación	RNA	Alg.	R	R ²	E ₂	PI	RMSE (l/s)
$Q_t = f(T_{max_t}, T_{min_t}, T_{med_t}, HR_{max_t}, HR_{min_t}, HR_{med_t}, U_t, DV_t, RS_t, P_t, ET_{o_t})$	11:19:01	LM	0.74	0.54	0.53	-0.29	55.08
$Q_t = f(T_{min_t}, HR_{min_t}, RS_t, P_t)$	04:07:07:01	LM	0.67	0.45	0.44	-0.51	59.65
$Q_t = f(T_{max_t}, T_{min_t}, HR_{max_t}, HR_{min_t}, RS_t, P_t)$	06:10:10:01	BP	0.69	0.48	0.48	-0.41	57.69
$Q_t = f(T_{med_t}, HR_{med_t}, RS_t, P_t)$	04:10:10:01	BP	0.68	0.46	0.46	-0.46	58.71
$Q_{t_s} = f(T_{max_t}, T_{min_t}, T_{med_t}, HR_{max_t}, HR_{min_t}, HR_{med_t}, U_t, DV_t, RS_t, P_t, ET_{o_t})$	11:19:19:01	BP	0.78	0.60	0.58	-6.70	46.30
$Q_{t_s} = f(T_{min_t}, HR_{min_t}, RS_t, P_t)$	04:10:10:01	BP	0.69	0.48	0.48	-8.60	51.69
$Q_{t_s} = f(T_{max_t}, T_{min_t}, HR_{max_t}, HR_{min_t}, RS_t, P_t)$	06:10:10:01	BP	0.69	0.48	0.46	-8.93	52.56
$Q_{t_s} = f(T_{med_t}, HR_{med_t}, RS_t, P_t)$	04:10:10:01	BP	0.71	0.51	0.50	-8.03	50.13

*Alg. BP; algoritmo de entrenamiento *backpropagation*.

*Alg. LM; algoritmo de entrenamiento *Levenberg-Marquardt*.

4.2. MODELOS NEURONALES PREDICTIVOS CONSIDERANDO COMO VARIABLES INDEPENDIENTES DATOS CLIMÁTICOS DE DIAS ANTERIORES.

En la tabla 4.11 se muestran los resultados obtenidos con los modelos simulados de redes neuronales considerando como variables de entrada o variables independientes todos los datos climáticos con un retraso en el tiempo de hasta diez días (ecuación 3.2, con $n=10$ días).

Tabla 4.11. Resultados de las magnitudes de error para los modelos predictivos analizados empleando todas las variables climáticas diarias con un retraso en el tiempo de diez días ($n=10$):

$$Q_t = f(T_{max_{t-1}}, \dots, T_{max_{t-n}}; T_{min_{t-1}}, \dots, T_{min_{t-n}}; T_{med_{t-1}}, \dots, T_{med_{t-n}}; \\ HR_{max_{t-1}}, \dots, HR_{max_{t-n}}; HR_{min_{t-1}}, \dots, HR_{min_{t-n}}; HR_{med_{t-1}}, \dots, HR_{med_{t-n}}; U_{t-1}, \dots, U_{t-n}; \\ DV_{t-1}, \dots, DV_{t-n}; RS_{t-1}, \dots, RS_{t-n}; P_{t-1}, \dots, P_{t-n}; ET_{o_{t-1}}, \dots, ET_{o_{t-n}}).$$

RNA	Algoritmo de entrenamiento	Número de épocas	R	R ²	E ₂	PI	RMSE (l/s)
110:60:01	BP	10000	0.63	0.40	0.32	-0.80	65.05
110:70:01	BP	10000	0.58	0.33	0.28	-0.90	66.70
110:80:01	BP	10000	0.63	0.39	0.37	-0.67	62.51
110:60:60:01	BP	10000	0.53	0.28	0.19	-1.15	71.08
110:70:70:01	BP	10000	0.64	0.41	0.41	-0.56	60.57
110:80:80:01	BP	10000	0.52	0.27	0.19	-1.13	70.70

*BP; algoritmo de entrenamiento *backpropagation*.

*LM; algoritmo de entrenamiento *Levenberg-Marquardt*.

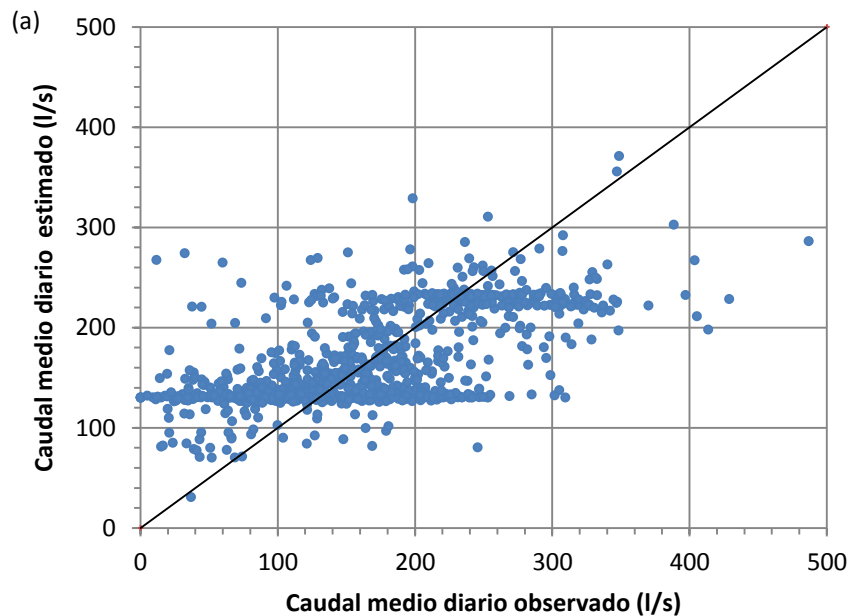


Figura 4.4(a). Caudales medios diarios observados y estimados por el mejor modelo predictivo (110:70:70:01) sin proceso de suavizado: Valores observados versus valores estimados [modelo $Q_t = f(T_{max_{t-1}}, \dots, T_{max_{t-n}}; T_{min_{t-1}}, \dots, T_{min_{t-n}}; T_{med_{t-1}}, \dots, T_{med_{t-n}}; \\ HR_{max_{t-1}}, \dots, HR_{max_{t-n}}; HR_{min_{t-1}}, \dots, HR_{min_{t-n}}; HR_{med_{t-1}}, \dots, HR_{med_{t-n}}; U_{t-1}, \dots, U_{t-n}; \\ DV_{t-1}, \dots, DV_{t-n}; RS_{t-1}, \dots, RS_{t-n}; P_{t-1}, \dots, P_{t-n}; ET_{o_{t-1}}, \dots, ET_{o_{t-n}})$, con $n=10$].

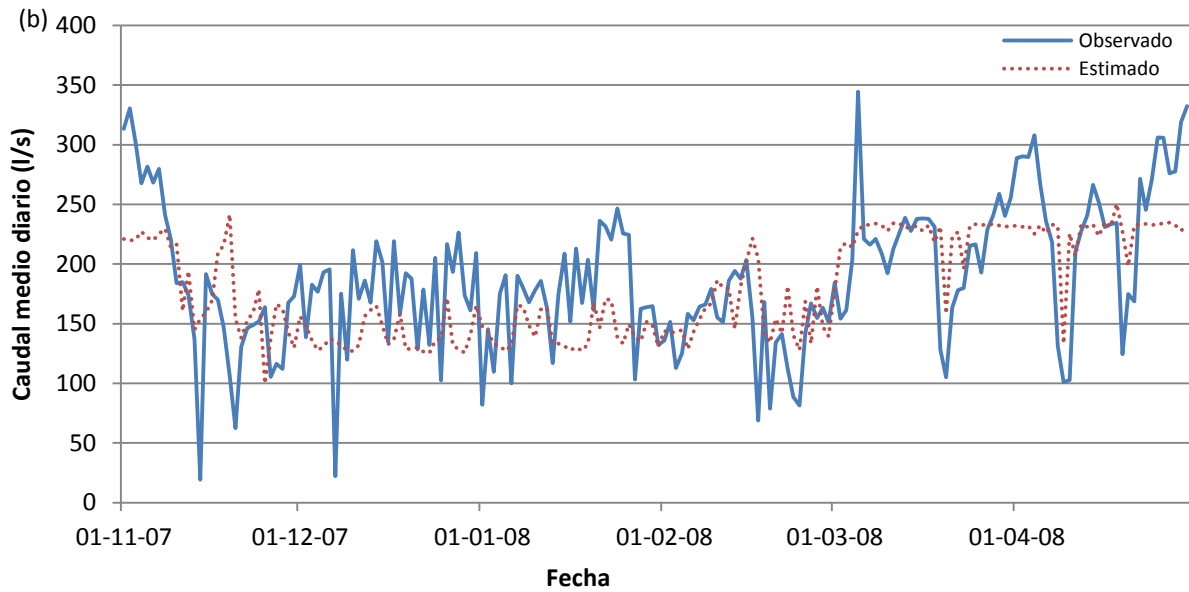


Figura 4.4(b). Caudales medios diarios observados y estimados por el mejor modelo predictivo (110:70:70:01) sin proceso de suavizado: Ejemplo de serie temporal de los valores observados y estimados [modelo $Q_t = f(T_{max_{t-1}}, \dots, T_{max_{t-n}}; T_{min_{t-1}}, \dots, T_{min_{t-n}}; T_{med_{t-1}}, \dots, T_{med_{t-n}}; HR_{max_{t-1}}, \dots, HR_{max_{t-n}}; HR_{min_{t-1}}, \dots, HR_{min_{t-n}}; HR_{med_{t-1}}, \dots, HR_{med_{t-n}}; U_{t-1}, \dots, U_{t-n}; DV_{t-1}, \dots, DV_{t-n}; RS_{t-1}, \dots, RS_{t-n}; P_{t-1}, \dots, P_{t-n}; ET_{o_{t-1}}, \dots, ET_{o_{t-n}})$, con $n=10$].

Un análisis de los resultados obtenidos indica que la mejor red neuronal tiene una estructura 110:70:70:01, es decir, ciento diez neuronas en la capa de entrada, dos capas ocultas con setenta neuronas en cada una de ellas y una neurona en la capa de salida. Esta red neuronal se ha entrenado con el algoritmo BP y 10000 épocas. En las figuras 4.4(a) y 4.4(b) se representa gráficamente los caudales medios diarios observados y estimados para este modelo predictivo.

Los coeficientes de correlación y eficiencia resultantes ($R=0.64$ y $E_2=0.41$) pueden considerarse estadísticamente aceptables. No se cumple esta afirmación para el caso del índice de persistencia ($PI=-0.56$). Para evaluar si mejores estimaciones podían ser obtenidas se planteó un análisis de correlaciones cruzadas entre todas las variables consideradas con un retraso en el tiempo de hasta diez días, con el fin de obtener modelos más parsimoniosos o simples.

La matriz de correlaciones cruzadas indica que las variables climáticas que presentan mayores correlaciones con la variable dependiente caudal medio diario impulsado Q_t son: temperatura máxima diaria en el tiempo $t-9$ ($T_{max_{t-9}}$) con $R=-0.22$, temperatura máxima diaria en el tiempo $t-10$ ($T_{max_{t-10}}$) con $R=-0.22$, temperatura mínima diaria en el tiempo $t-1$ ($T_{min_{t-1}}$) con $R=-0.25$, temperatura mínima diaria en el tiempo $t-2$ ($T_{min_{t-2}}$) con $R=-0.24$, humedad relativa mínima diaria en el tiempo $t-1$ ($HR_{min_{t-1}}$) con $R=-0.22$ y precipitación diaria en el tiempo $t-1$ (P_{t-1}) con $R=-0.17$. Por tanto, se planteó un modelo que considerara estas variables climáticas como variables de entrada o independientes con la siguiente expresión:

$$Q_t = f(T_{max_{t-9}}, T_{max_{t-10}}, T_{min_{t-1}}, T_{min_{t-2}}, HR_{min_{t-1}}, P_{t-1}) \quad (4.8)$$

En la tabla 4.12 se muestran las magnitudes de error para este modelo predictivo representado en la ecuación (4.8).

Tabla 4.12. Resultados de las magnitudes de error para los modelos predictivos analizados empleando las variables climáticas diarias temperatura máxima en el tiempo $t-9$, temperatura máxima en el tiempo $t-10$, temperatura mínima en el tiempo $t-1$, temperatura mínima en el tiempo $t-2$, humedad relativa mínima en el tiempo $t-1$ y precipitación en el tiempo $t-1$:

$$Q_t = f(T_{max_{t-9}}, T_{max_{t-10}}, T_{min_{t-1}}, T_{min_{t-2}}, HR_{min_{t-1}}, P_{t-1}).$$

RNA	Algoritmo de entrenamiento	Número de épocas	R	R ²	E ₂	PI	RMSE (l/s)
06:04:01	BP	10000	0.56	0.31	0.31	-0.83	65.50
06:07:01	BP	10000	0.57	0.32	0.32	-0.79	64.87
06:10:01	BP	10000	0.58	0.34	0.34	-0.76	64.18
06:04:01	LM	500	0.57	0.32	0.32	-0.80	64.93
06:07:01	LM	500	0.57	0.33	0.32	-0.79	64.82
06:10:01	LM	500	0.56	0.32	0.31	-0.83	65.46
06:04:04:01	BP	10000	0.57	0.32	0.32	-0.79	64.87
06:07:07:01	BP	10000	0.57	0.33	0.31	-0.83	65.56
06:10:10:01	BP	10000	0.60	0.36	0.36	-0.70	63.05
06:04:04:01	LM	500	0.58	0.33	0.33	-0.77	64.42
06:07:07:01	LM	500	0.58	0.34	0.33	-0.77	64.37
06:10:10:01	LM	500	0.58	0.34	0.34	-0.75	63.97

*BP; algoritmo de entrenamiento *backpropagation*.

*LM; algoritmo de entrenamiento *Levenberg-Marquardt*.

Según los resultados obtenidos en la tabla 4.12, el mejor modelo se tiene con una red neuronal 06:10:10:01, es decir, seis neuronas en la capa de entrada, dos capas ocultas con diez neuronas en cada una de ellas y una neurona en la capa de salida. Esta red neuronal ha sido entrenada mediante el algoritmo BP y con un número total de 10000 épocas. Se llega a obtener un coeficiente de correlación de 0.60, un coeficiente de eficiencia de 0.36 y un índice de persistencia de -0.70.

Otro modelo simulado considera la inclusión de la evotranspiración potencial con un retraso en el tiempo de diez días ($ET_{o_{t-10}}$). Esta variable independiente frente a la variable dependiente caudal impulsado Q_t presenta en el análisis de correlación cruzada un valor de $R = -0.15$. La formulación de este nuevo modelo es:

$$Q_t = f(T_{max_{t-9}}, T_{max_{t-10}}, T_{min_{t-1}}, T_{min_{t-2}}, HR_{min_{t-1}}, P_{t-1}, ET_{o_{t-10}}) \quad (4.9)$$

En la tabla 4.13 se muestran las magnitudes de error para este nuevo modelo predictivo que se expresa mediante la ecuación (4.9).

Tabla 4.13. Resultados de las magnitudes de error para los modelos predictivos analizados empleando las variables climáticas diarias temperatura máxima en el tiempo $t-9$, temperatura máxima en el tiempo $t-10$, temperatura mínima en el tiempo $t-1$, temperatura mínima en el tiempo $t-2$, humedad relativa mínima en el tiempo $t-1$, precipitación en el tiempo $t-1$ y evotranspiración potencial en el tiempo $t-10$:

$$Q_t = f(T_{max_{t-9}}, T_{max_{t-10}}, T_{min_{t-1}}, T_{min_{t-2}}, HR_{min_{t-1}}, P_{t-1}, ET_{o_{t-10}}).$$

RNA	Algoritmo de entrenamiento	Número de épocas	R	R ²	E ₂	PI	RMSE (l/s)
07:04:01	BP	10000	0.62	0.38	0.38	-0.64	62.10
07:07:01	BP	10000	0.64	0.41	0.41	-0.56	60.44
07:10:01	BP	10000	0.64	0.40	0.38	-0.63	61.83
07:04:01	LM	500	0.63	0.40	0.40	-0.59	61.04
07:07:01	LM	500	0.64	0.42	0.41	-0.55	60.31
07:10:01	LM	500	0.64	0.41	0.41	-0.56	60.54
07:04:04:01	BP	10000	0.63	0.40	0.40	-0.59	60.99
07:07:07:01	BP	10000	0.64	0.41	0.40	-0.58	60.86
07:10:10:01	BP	10000	0.66	0.44	0.43	-0.52	59.65
07:04:04:01	LM	500	0.64	0.41	0.41	-0.57	60.73
07:07:07:01	LM	500	0.65	0.42	0.41	-0.55	60.27
07:10:10:01	LM	500	0.66	0.44	0.43	-0.51	59.49

*BP; algoritmo de entrenamiento *backpropagation*.

*LM; algoritmo de entrenamiento *Levenberg-Marquardt*.

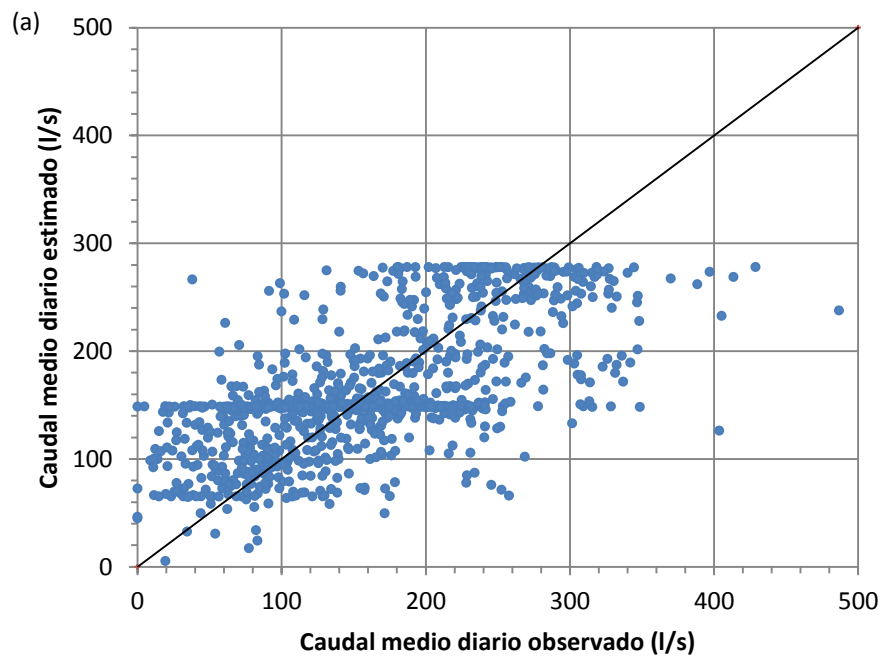


Figura 4.5(a). Caudales medios diarios observados y estimados por el mejor modelo predictivo (07:10:10:01) sin proceso de suavizado: Valores observados versus valores estimados [modelo $Q_t = f(T_{max_{t-9}}, T_{max_{t-10}}, T_{min_{t-1}}, T_{min_{t-2}}, HR_{min_{t-1}}, P_{t-1}, ET_{o_{t-10}})$].

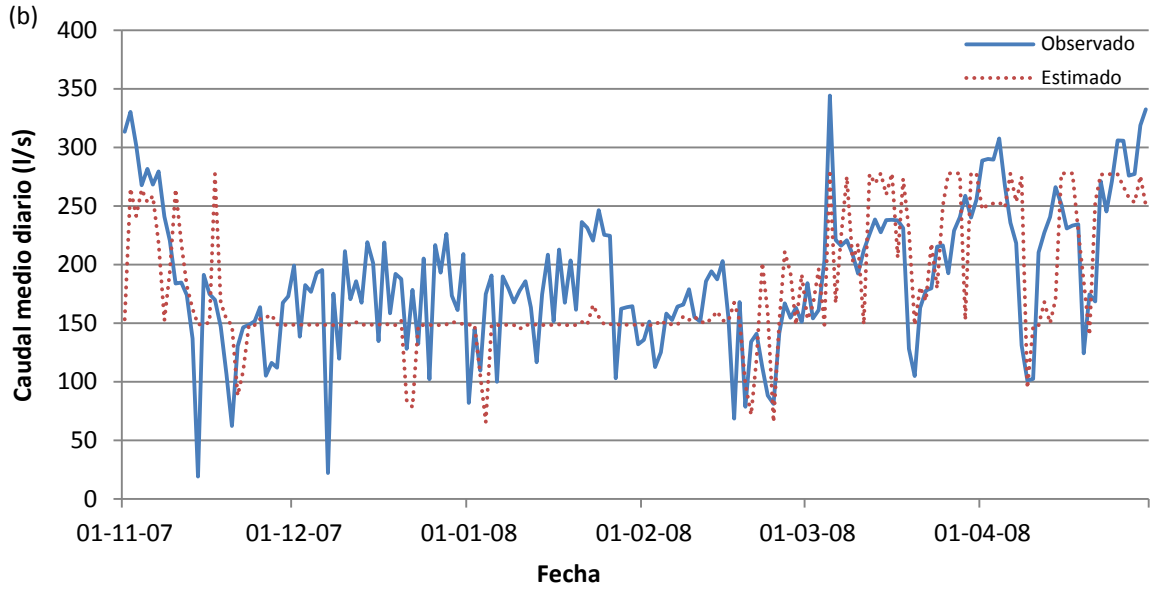


Figura 4.5(b). Caudales medios diarios observados y estimados por el mejor modelo predictivo (07:10:10:01) sin proceso de suavizado: Ejemplo de serie temporal de los valores observados y estimados [modelo $Q_t = f(T_{max_{t-9}}, T_{max_{t-10}}, T_{min_{t-1}}, T_{min_{t-2}}, HR_{min_{t-1}}, P_{t-1}, ET_{o_{t-10}})$].

Con la inclusión en este nuevo modelo de la $ET_{o_{t-10}}$ se ha obtenido los mejores resultados $R=0.66$ y $E_2=0.43$ con la red neuronal 07:10:10:01, es decir, siete neuronas en la capa de entrada, dos capas intermedias con diez neuronas en cada una de ellas y una neurona en la capa de salida. Los resultados del índice de persistencia siguen tomando valores negativos, $PI=-0.51$. En este caso, el algoritmo de entrenamiento ha sido LM con un número de épocas igual a 500. En las figuras 4.5(a) y 4.5(b) queda representado los caudales medios diarios observados y estimados de este modelo descriptivo.

Como consecuencia de las altas correlaciones entre las temperaturas máximas y mínimas con las temperaturas medias, se plantearon modificaciones de los modelos anteriores (ecuaciones 4.8 y 4.9), cuyas expresiones son:

$$Q_t = f(T_{med_{t-9}}, T_{med_{t-10}}, HR_{med_{t-1}}, P_{t-1}) \quad (4.10)$$

$$Q_t = f(T_{med_{t-9}}, T_{med_{t-10}}, HR_{med_{t-1}}, P_{t-1}, ET_{o_{t-10}}) \quad (4.11)$$

Tabla 4.14. Resultados de las magnitudes de error para los modelos predictivos analizados empleando las variables climáticas diarias temperatura media en el tiempo t-9, temperatura media en el tiempo t-10, humedad relativa media en el tiempo t-1 y precipitación en el tiempo t-1:

$$Q_t = f(T_{med\,t-9}, T_{med\,t-10}, HR_{med\,t-1}, P_{t-1}).$$

RNA	Algoritmo de entrenamiento	Número de épocas	R	R ²	E ₂	PI	RMSE (l/s)
04:04:01	BP	10000	0.52	0.27	0.26	-0.96	67.78
04:07:01	BP	10000	0.52	0.27	0.27	-0.94	67.39
04:10:01	BP	10000	0.53	0.28	0.28	-0.91	66.92
04:04:01	LM	500	0.53	0.28	0.28	-0.91	67.00
04:07:01	LM	500	0.53	0.28	0.28	-0.90	66.67
04:10:01	LM	500	0.52	0.27	0.27	-0.94	67.44
04:04:04:01	BP	10000	0.53	0.28	0.26	-0.96	67.75
04:07:07:01	BP	10000	0.53	0.28	0.28	-0.90	66.76
04:10:10:01	BP	10000	0.54	0.29	0.29	-0.89	66.56
04:04:04:01	LM	500	0.54	0.29	0.29	-0.88	66.37
04:07:07:01	LM	500	0.53	0.28	0.28	-0.90	66.79
04:10:10:01	LM	500	0.53	0.29	0.29	-0.89	66.58

*BP; algoritmo de entrenamiento *backpropagation*.

*LM; algoritmo de entrenamiento *Levenberg-Marquardt*.

En la tabla 4.14 se muestran los resultados obtenidos con los modelos simulados de redes neuronales considerando como variables de entrada o variables independientes los datos climáticos de temperatura media diaria en el tiempo t-9, temperatura media diaria en el tiempo t-10, humedad relativa media diaria en el tiempo t-1 y precipitación diaria en el tiempo t-1. Un análisis de los resultados obtenidos en dicha tabla indican que la mejor red neuronal se estructura 04:04:04:1, es decir, cuatro neuronas en la capa de entrada, dos capas ocultas con cuatro neuronas cada una de ellas y una neurona en la capa de salida. El algoritmo de entrenamiento fue LM y la calibración se llevo a cabo con un total de 500 épocas. Entre las magnitudes de errores resultantes cabe destacar el coeficiente de correlación 0.54, el coeficiente de determinación 0.29 y el índice de persistencia de -0.88.

Tabla 4.15. Resultados de las magnitudes de error para los modelos predictivos analizados empleando las variables climáticas diarias temperatura media en el tiempo t-9, temperatura media en el tiempo t-10, humedad relativa media en el tiempo t-1, precipitación en el tiempo t-1 y evotranspiración

potencial en el tiempo t-10: $Q_t = f(T_{med\,t-9}, T_{med\,t-10}, HR_{med\,t-1}, P_{t-1}, ET_{o\,t-10}).$

RNA	Algoritmo de entrenamiento	Número de épocas	R	R ²	E ₂	PI	RMSE (l/s)
05:04:01	BP	10000	0.59	0.35	0.34	-0.74	63.89
05:07:01	BP	10000	0.61	0.37	0.36	-0.69	62.92
05:10:01	BP	10000	0.61	0.37	0.37	-0.68	62.69
05:04:01	LM	500	0.61	0.38	0.37	-0.66	62.33
05:07:01	LM	500	0.61	0.37	0.37	-0.68	62.68
05:10:01	LM	500	0.62	0.39	0.38	-0.63	61.85
05:04:04:01	BP	10000	0.60	0.37	0.36	-0.68	62.78
05:07:07:01	BP	10000	0.62	0.39	0.38	-0.64	61.95
05:10:10:01	BP	10000	0.62	0.38	0.38	-0.64	62.08
05:04:04:01	LM	500	0.60	0.37	0.36	-0.68	62.77
05:07:07:01	LM	500	0.62	0.39	0.38	-0.63	61.81
05:10:10:01	LM	500	0.62	0.39	0.38	-0.63	61.88

*BP; algoritmo de entrenamiento *backpropagation*.

*LM; algoritmo de entrenamiento *Levenberg-Marquardt*.

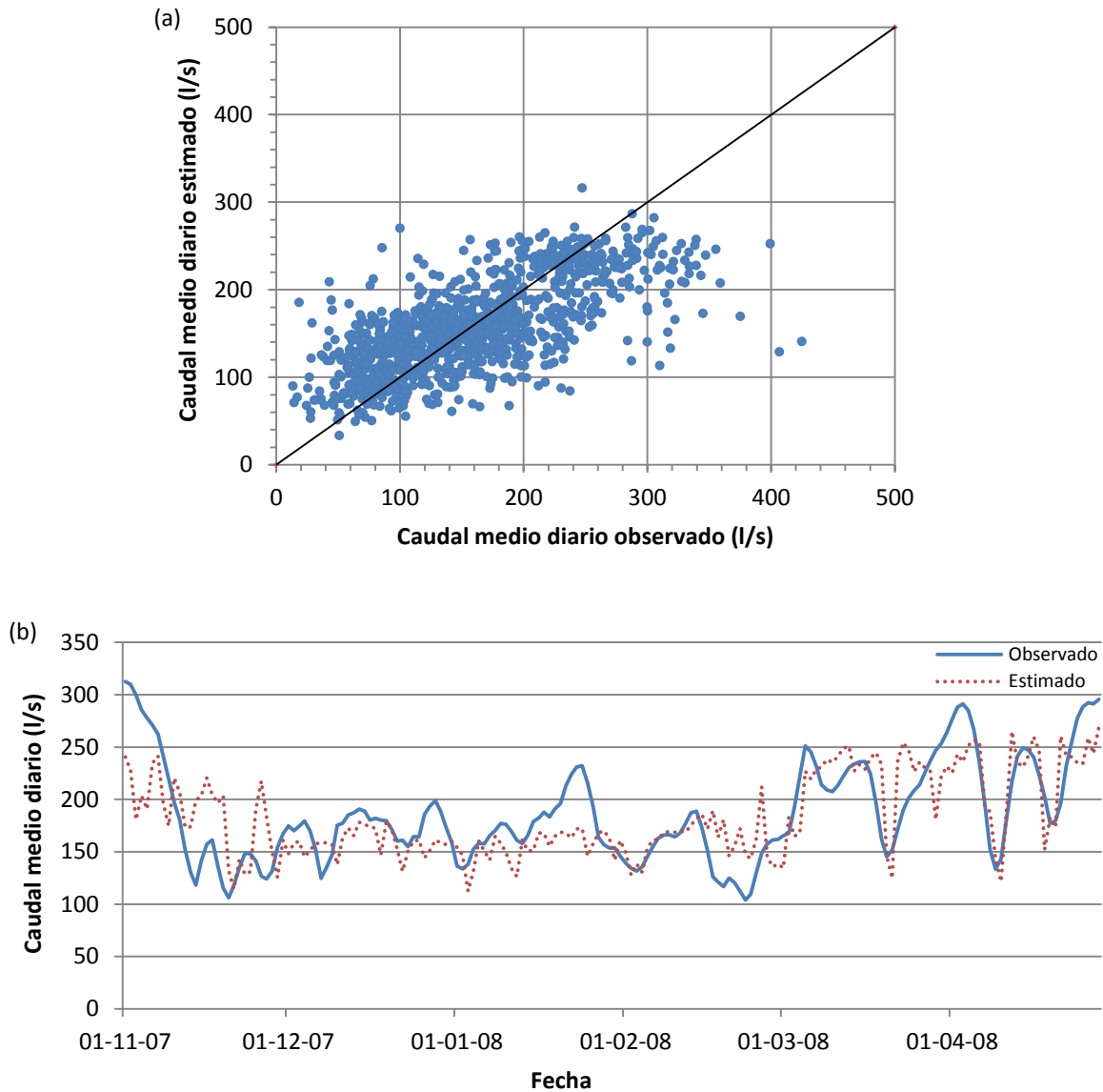


Figura 4.6. Caudales medios diarios observados y estimados por el mejor modelo predictivo (05:07:07:01) sin proceso de suavizado: (a) Valores observados versus valores estimados; y (b) ejemplo de serie temporal de los valores observados y estimados [modelo $Q_t = f(T_{med_{t-9}}, T_{med_{t-10}}, HR_{med_{t-1}}, P_{t-1}, ET_{o_{t-10}})$].

En la tabla 4.15 se muestran los resultados obtenidos con los modelos simulados de redes neuronales considerando como variables de entrada o variables independientes los datos climáticos de temperatura media diaria en el tiempo $t-9$, temperatura media diaria en el tiempo $t-10$, humedad relativa media diaria en el tiempo $t-1$, precipitación diaria en el tiempo $t-1$ y evotranspiración potencial diaria en el tiempo $t-10$. Un análisis de los resultados obtenidos en dicha tabla indican que la mejor red neuronal se estructura 05:07:07:01, es decir, cinco neuronas en la capa de entrada, dos capas ocultas con siete neuronas cada una de ellas y una neurona en la capa de salida. El algoritmo de entrenamiento fue LM y la calibración se llevo a cabo con un total de 500 épocas. Entre las magnitudes de errores resultantes cabe destacar el coeficiente de correlación 0.62, el coeficiente de determinación 0.39 y el índice de persistencia de -0.63. En la figura 4.6 se aprecia la representación de los caudales observados versus a los estimados de este modelo neuronal.

Como se indicó en el apartado de Material y métodos, también se ha planteado el suavizado de los datos de caudal impulsado registrados por el sistema SCADA. En las tablas 4.16, 4.17, 4.18, 4.18 y 4.20 se muestran los resultados de las magnitudes de error de los mejores modelos anteriores considerando la variable suavizada caudal impulsado. Las expresiones anteriores (ecuaciones 3.2, 4.8, 4.9, 4.10, 4.11) quedan modificadas de la siguiente manera:

$$Q_{t_s} = f(T_{max_{t-1}}, \dots, T_{max_{t-n}}; T_{min_{t-1}}, \dots, T_{min_{t-n}}; T_{med_{t-1}}, \dots, T_{med_{t-n}}; HR_{max_{t-1}}, \dots, HR_{max_{t-n}}; HR_{min_{t-1}}, \dots, HR_{min_{t-n}}; HR_{med_{t-1}}, \dots, HR_{med_{t-n}}; U_{t-1}, \dots, U_{t-n}; DV_{t-1}, \dots, DV_{t-n}; RS_{t-1}, \dots, RS_{t-n}; P_{t-1}, \dots, P_{t-n}; ET_{o_{t-1}}, \dots, ET_{o_{t-n}}) \quad (4.12)$$

$$Q_{t_s} = f(T_{max_{t-9}}, T_{max_{t-10}}, T_{min_{t-1}}, T_{min_{t-2}}, HR_{min_{t-1}}, P_{t-1}) \quad (4.13)$$

$$Q_{t_s} = f(T_{max_{t-9}}, T_{max_{t-10}}, T_{min_{t-1}}, T_{min_{t-2}}, HR_{min_{t-1}}, P_{t-1}, ET_{o_{t-10}}) \quad (4.14)$$

$$Q_{t_s} = f(T_{med_{t-9}}, T_{med_{t-10}}, HR_{med_{t-1}}, P_{t-1}) \quad (4.15)$$

$$Q_{t_s} = f(T_{med_{t-9}}, T_{med_{t-10}}, HR_{med_{t-1}}, P_{t-1}, ET_{o_{t-10}}) \quad (4.16)$$

Tabla 4.16. Resultados de las magnitudes de error para los modelos predictivos analizados con caudal suavizado empleando todas las variables climáticas diarias con un retraso en el tiempo de diez días:

$$Q_{t_s} = f(T_{max_{t-1}}, \dots, T_{max_{t-n}}; T_{min_{t-1}}, \dots, T_{min_{t-n}}; T_{med_{t-1}}, \dots, T_{med_{t-n}}; HR_{max_{t-1}}, \dots, HR_{max_{t-n}}; HR_{min_{t-1}}, \dots, HR_{min_{t-n}}; HR_{med_{t-1}}, \dots, HR_{med_{t-n}}; U_{t-1}, \dots, U_{t-n}; DV_{t-1}, \dots, DV_{t-n}; RS_{t-1}, \dots, RS_{t-n}; P_{t-1}, \dots, P_{t-n}; ET_{o_{t-1}}, \dots, ET_{o_{t-n}}).$$

RNA	Algoritmo de entrenamiento	Número de épocas	R	R ²	E ₂	PI	RMSE (l/s)
110:60:60:01	BP	10000	0.57	0.32	0.32	-11.31	58.33

*BP; algoritmo de entrenamiento *backpropagation*.

*LM; algoritmo de entrenamiento *Levenberg-Marquardt*.

Tabla 4.17. Resultados de las magnitudes de error para los modelos predictivos analizados con caudal suavizado empleando las variables climáticas diarias temperatura máxima en el tiempo t-9, temperatura máxima en el tiempo t-10, temperatura mínima en el tiempo t-1, temperatura mínima en el tiempo t-2, humedad relativa mínima en el tiempo t-1 y precipitación en el tiempo t-1:

$$Q_{t_s} = f(T_{max_{t-9}}, T_{max_{t-10}}, T_{min_{t-1}}, T_{min_{t-2}}, HR_{min_{t-1}}, P_{t-1}).$$

RNA	Algoritmo de entrenamiento	Número de épocas	R	R ²	E ₂	PI	RMSE (l/s)
06:10:10:01	BP	10000	0.60	0.36	0.36	-10.60	56.63
06:04:04:01	LM	500	0.60	0.36	0.36	-10.60	56.63
06:07:07:01	LM	500	0.61	0.38	0.38	-10.20	55.65
06:10:10:01	LM	500	0.62	0.38	0.37	-10.25	55.77

*BP; algoritmo de entrenamiento *backpropagation*.

*LM; algoritmo de entrenamiento *Levenberg-Marquardt*.

Tabla 4.18. Resultados de las magnitudes de error para los modelos predictivos analizados con caudal suavizado empleando las variables climáticas diarias temperatura máxima en el tiempo t-9, temperatura máxima en el tiempo t-10, temperatura mínima en el tiempo t-1, temperatura mínima en el tiempo t-2, humedad relativa mínima en el tiempo t-1, precipitación en el tiempo t-1 y evotranspiración potencial en el tiempo t-10: $Q_{t_s} = f(T_{max_{t-9}}, T_{max_{t-10}}, T_{min_{t-1}}, T_{min_{t-2}}, HR_{min_{t-1}}, P_{t-1}, ET_{o_{t-10}})$.

RNA	Algoritmo de entrenamiento	Número de épocas	R	R ²	E ₂	PI	RMSE (l/s)
07:10:10:01	BP	10000	0.73	0.53	0.53	-7.53	48.55
07:04:04:01	LM	500	0.70	0.49	0.48	-8.30	50.72
07:07:07:01	LM	500	0.70	0.48	0.48	-8.41	51.00
07:10:10:01	LM	500	0.72	0.52	0.50	-7.91	49.63

*BP; algoritmo de entrenamiento *backpropagation*.

*LM; algoritmo de entrenamiento *Levenberg-Marquardt*.

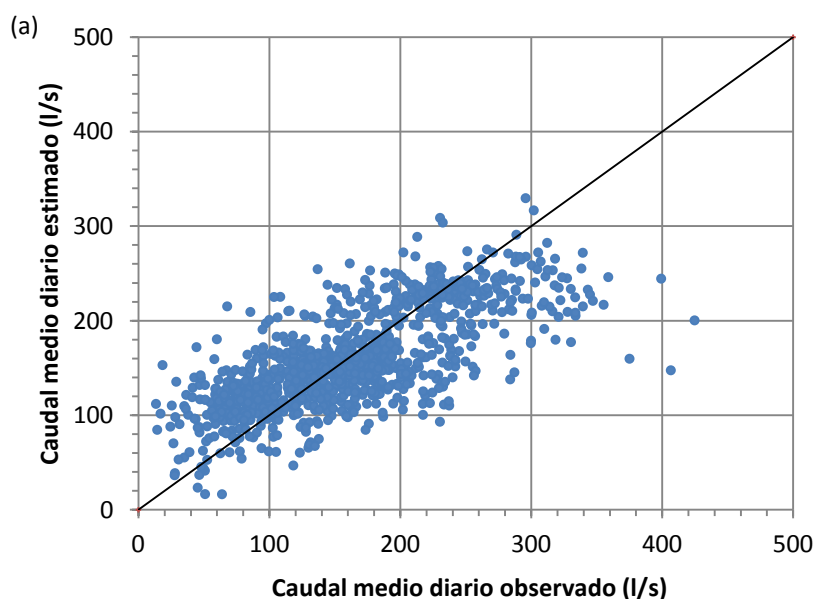


Figura 4.7(a). Caudales medios diarios observados y estimados por el mejor modelo predictivo (07:10:10:01) con proceso de suavizado: Valores observados versus valores estimados [modelo $Q_{t_s} = f(T_{max_{t-9}}, T_{max_{t-10}}, T_{min_{t-1}}, T_{min_{t-2}}, HR_{min_{t-1}}, P_{t-1}, ET_{o_{t-10}})$].

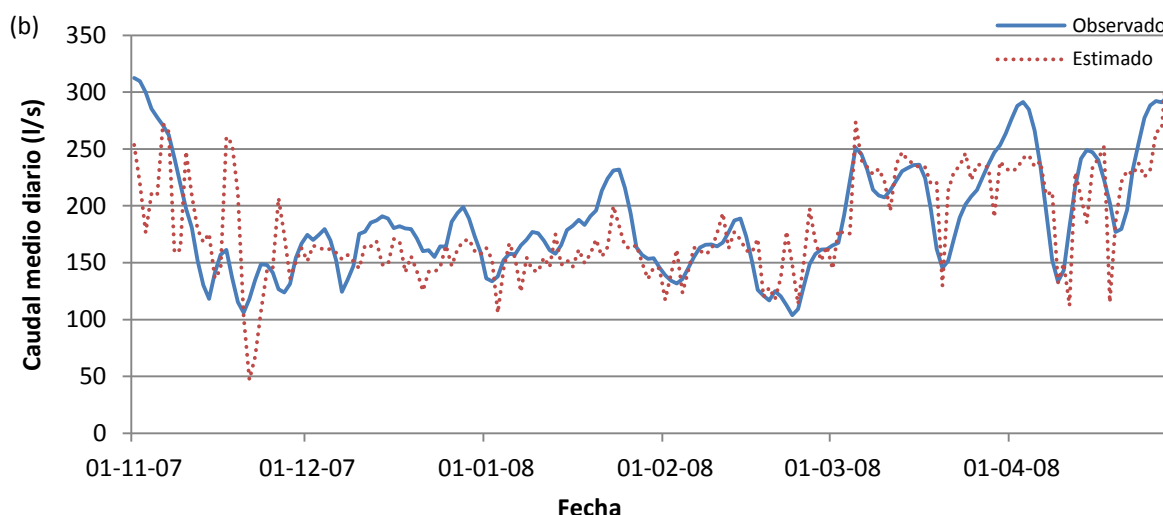


Figura 4.7(b). Caudales medios diarios observados y estimados por el mejor modelo predictivo (07:10:10:01) con proceso de suavizado: Ejemplo de serie temporal de los valores observados y estimados [modelo $Q_{t_s} = f(T_{max_{t-9}}, T_{max_{t-10}}, T_{min_{t-1}}, T_{min_{t-2}}, HR_{min_{t-1}}, P_{t-1}, ET_{o_{t-10}})$].

Tabla 4.19. Resultados de las magnitudes de error para los modelos predictivos analizados con caudal suavizado empleando las variables climáticas diarias temperatura media en el tiempo $t-9$, temperatura media en el tiempo $t-10$, humedad relativa media en el tiempo $t-1$ y precipitación en el tiempo $t-1$:

$$Q_{t_s} = f(T_{med_{t-9}}, T_{med_{t-10}}, HR_{med_{t-1}}, P_{t-1}).$$

RNA	Algoritmo de entrenamiento	Número de épocas	R	R ²	E ₂	PI	RMSE (l/s)
04:10:10:01	BP	10000	0.57	0.32	0.32	-11.31	58.33
04:04:04:01	LM	500	0.57	0.32	0.32	-11.25	58.20

*BP; algoritmo de entrenamiento *backpropagation*.

*LM; algoritmo de entrenamiento *Levenberg-Marquardt*.

Tabla 4.20. Resultados de las magnitudes de error para los modelos predictivos analizados con caudal suavizado empleando las variables climáticas diarias temperatura media en el tiempo $t-9$, temperatura media en el tiempo $t-10$, humedad relativa media en el tiempo $t-1$, precipitación en el tiempo $t-1$ y evotranspiración potencial en el tiempo $t-10$: $Q_{t_s} = f(T_{med_{t-9}}, T_{med_{t-10}}, HR_{med_{t-1}}, P_{t-1}, ET_{o_{t-10}})$.

RNA	Algoritmo de entrenamiento	Número de épocas	R	R ²	E ₂	PI	RMSE (l/s)
05:07:07:01	BP	10000	0.67	0.45	0.45	-8.84	52.16
05:10:10:01	BP	10000	0.68	0.47	0.47	-8.62	51.57
05:07:07:01	LM	500	0.69	0.47	0.47	-8.55	51.38
05:10:10:01	LM	500	0.68	0.46	0.45	-8.84	52.15

*BP; algoritmo de entrenamiento *backpropagation*.

*LM; algoritmo de entrenamiento *Levenberg-Marquardt*.

Los mejor resultados de las magnitudes de error para los modelos predictivos analizados con caudal suavizado se obtuvieron empleando las variables climáticas temperatura máxima en el tiempo $t-9$, temperatura máxima en el tiempo $t-10$, mínima en el tiempo $t-1$, temperatura mínima en el tiempo $t-2$, humedad relativa mínima en el tiempo $t-1$, precipitación

en el tiempo t-1 y evotranspiración potencial en el tiempo t-10 (tabla 4.18), siendo la mejor red neuronal 07:10:10:01, es decir, siete neuronas en la capa de entrada, dos capas ocultas con diez neuronas cada una de ellas y una neurona en la capa de salida. Esta red fue entrenada con el algoritmo BP y con un total de 10000 épocas. Como coeficientes de correlación y eficiencia se obtuvieron valores de 0.73 y 0.53, respectivamente. El índice de persistencia PI tomo un valor de -7.53. En las figuras 4.7(a) y 4.7(b) se muestra la representación de los caudales observados versus los estimados de este mejor modelo de red neuronal.

Tabla 4.21. Magnitudes de error de los mejores modelos neuronales predictivos con sólo datos climáticos como variables independientes.

Ecuación	RNA	Alg.	R	R ²	E ₂	PI	RMSE (l/s)
$Q_t = f(T_{max_{t-1}}, \dots, T_{max_{t-n}}; T_{min_{t-1}}, \dots, T_{min_{t-n}}; T_{med_{t-1}}, \dots, T_{med_{t-n}}; HR_{max_{t-1}}, \dots, HR_{max_{t-n}}; HR_{min_{t-1}}, \dots, HR_{min_{t-n}}; HR_{med_{t-1}}, \dots, HR_{med_{t-n}}; U_{t-1}, \dots, U_{t-n}; DV_{t-1}, \dots, DV_{t-n}; RS_{t-1}, \dots, RS_{t-n}; P_{t-1}, \dots, P_{t-n}; ET_{ot-1}, \dots, ET_{ot-n})$	110:70:70:01	BP	0.64	0.41	0.41	-0.56	60.57
$Q_t = f(T_{max_{t-9}}, T_{max_{t-10}}, T_{min_{t-1}}, T_{min_{t-2}}, HR_{min_{t-1}}, P_{t-1})$	06:10:10:01	BP	0.60	0.36	0.36	-0.70	63.05
$Q_t = f(T_{max_{t-9}}, T_{max_{t-10}}, T_{min_{t-1}}, T_{min_{t-2}}, HR_{min_{t-1}}, P_{t-1}, ET_{ot-10})$	07:10:10:01	LM	0.66	0.44	0.43	-0.51	59.49
$Q_t = f(T_{med_{t-9}}, T_{med_{t-10}}, HR_{med_{t-1}}, P_{t-1})$	04:04:04:01	LM	0.54	0.29	0.29	-0.88	66.37
$Q_t = f(T_{med_{t-9}}, T_{med_{t-10}}, HR_{med_{t-1}}, P_{t-1}, ET_{ot-10})$	05:07:07:01	LM	0.62	0.39	0.38	-0.63	61.81
$Q_{t_s} = f(T_{max_{t-1}}, \dots, T_{max_{t-n}}; T_{min_{t-1}}, \dots, T_{min_{t-n}}; T_{med_{t-1}}, \dots, T_{med_{t-n}}; HR_{max_{t-1}}, \dots, HR_{max_{t-n}}; HR_{min_{t-1}}, \dots, HR_{min_{t-n}}; HR_{med_{t-1}}, \dots, HR_{med_{t-n}}; U_{t-1}, \dots, U_{t-n}; DV_{t-1}, \dots, DV_{t-n}; RS_{t-1}, \dots, RS_{t-n}; P_{t-1}, \dots, P_{t-n}; ET_{ot-1}, \dots, ET_{ot-n})$	110:60:60:01	BP	0.57	0.32	0.32	-11.31	58.33
$Q_{t_s} = f(T_{max_{t-9}}, T_{max_{t-10}}, T_{min_{t-1}}, T_{min_{t-2}}, HR_{min_{t-1}}, P_{t-1})$	06:10:10:01	LM	0.62	0.38	0.37	-10.25	55.77
$Q_{t_s} = f(T_{max_{t-9}}, T_{max_{t-10}}, T_{min_{t-1}}, T_{min_{t-2}}, HR_{min_{t-1}}, P_{t-1}, ET_{ot-10})$	07:10:10:01	BP	0.73	0.53	0.53	-7.53	48.55
$Q_{t_s} = f(T_{med_{t-9}}, T_{med_{t-10}}, HR_{med_{t-1}}, P_{t-1})$	04:04:04:01	LM	0.57	0.32	0.32	-11.25	58.20
$Q_{t_s} = f(T_{med_{t-9}}, T_{med_{t-10}}, HR_{med_{t-1}}, P_{t-1}, ET_{ot-10})$	05:07:07:01	LM	0.69	0.47	0.47	-8.55	51.38

*Alg. BP; algoritmo de entrenamiento *backpropagation*.

*Alg. LM; algoritmo de entrenamiento *Levenberg-Marquardt*.

Las aproximaciones neuronales evaluadas en este apartado como modelos predictivos presentan valores similares de las magnitudes de error a los obtenidos en la sección anterior con los modelos descriptivos. Los mejores modelos predictivos llegan a tener coeficientes de correlación en el rango de 0.6-0.7 y coeficientes de eficiencia en el rango de 0.4-0.5. Sin embargo, se siguen obteniendo índices de persistencia no aceptables estadísticamente (valores negativos) (tabla 4.21).

En relación con las variables independientes que aportan los mejores resultados de los modelos neuronales, se debe indicar: (a) una influencia de las temperaturas máximas diarias de 9 y 10 días anteriores así como de la evotranspiración potencial de 10 días anteriores; y (b) una influencia de las temperaturas mínimas, humedad relativa mínima y precipitación de 1 y 2 días anteriores (tabla 4.21).

4.3. MODELOS NEURONALES PREDICTIVOS CONSIDERANDO COMO VARIABLES INDEPENDIENTES DATOS CLIMÁTICOS Y DE CAUDALES IMPULSADOS EN DÍAS PREVIOS.

En la tabla 4.22 se muestran los resultados obtenidos con los modelos simulados de redes neuronales considerando como variables de entrada o variables independientes los datos climáticos de temperatura máxima diaria en el tiempo t-9, temperatura máxima diaria en el tiempo t-10, temperatura mínima diaria en el tiempo t-1, temperatura mínima diaria en el tiempo t-2, humedad relativa mínima diaria en el tiempo t-1, precipitación diaria en el tiempo t-1, evotranspiración potencial diaria en el tiempo t-10 (mejor aproximación neuronal obtenida con los modelos predictivos considerando sólo datos climáticos como variables independientes), y los datos de caudales impulsados en días previos. La expresión correspondiente sería:

$$Q_t = f(Q_{t-1, \dots, t-n}, T_{max_{t-9}}, T_{max_{t-10}}, T_{min_{t-1}}, T_{min_{t-2}}, HR_{min_{t-1}}, P_{t-1}, ET_{o_{t-10}}), n=1, \dots, 10 \quad (4.17)$$

Tabla 4.22. Resultados de las magnitudes de error para los modelos predictivos analizados empleando las variables climáticas diarias de temperatura máxima en el tiempo t-9, temperatura máxima en el tiempo t-10, mínima en el tiempo t-1, temperatura mínima en el tiempo t-2, humedad relativa mínima en el tiempo t-1, precipitación en el tiempo t-1, evotranspiración potencial en el tiempo t-10 y el caudal medio diario impulsado por la estación de bombeo en el tiempo t-n, con n=1,...,10:

$$Q_t = f(Q_{t-1, \dots, t-n}, T_{max_{t-9}}, T_{max_{t-10}}, T_{min_{t-1}}, T_{min_{t-2}}, HR_{min_{t-1}}, P_{t-1}, ET_{o_{t-10}}).$$

n	RNA	Algoritmo de entrenamiento	Número de épocas	R	R ²	E ₂	PI	RMSE (l/s)
1	08:10:10:01	BP	10000	0.84	0.70	0.70	0.19	43.22
2	09:10:10:01	BP	10000	0.83	0.70	0.69	0.19	43.29
3	10:10:10:01	BP	10000	0.84	0.70	0.70	0.21	42.77
4	11:10:10:01	BP	10000	0.84	0.71	0.70	0.21	42.66
5	12:10:10:01	BP	10000	0.84	0.71	0.70	0.20	42.89
6	13:10:10:01	BP	10000	0.84	0.71	0.71	0.23	42.16
7	14:10:10:01	BP	10000	0.85	0.72	0.72	0.25	41.57
8	15:10:10:01	BP	10000	0.84	0.71	0.71	0.22	42.49
9	16:10:10:01	BP	10000	0.84	0.71	0.71	0.23	42.11
10	17:10:10:01	BP	10000	0.84	0.71	0.70	0.22	42.56

*BP; algoritmo de entrenamiento *backpropagation*.

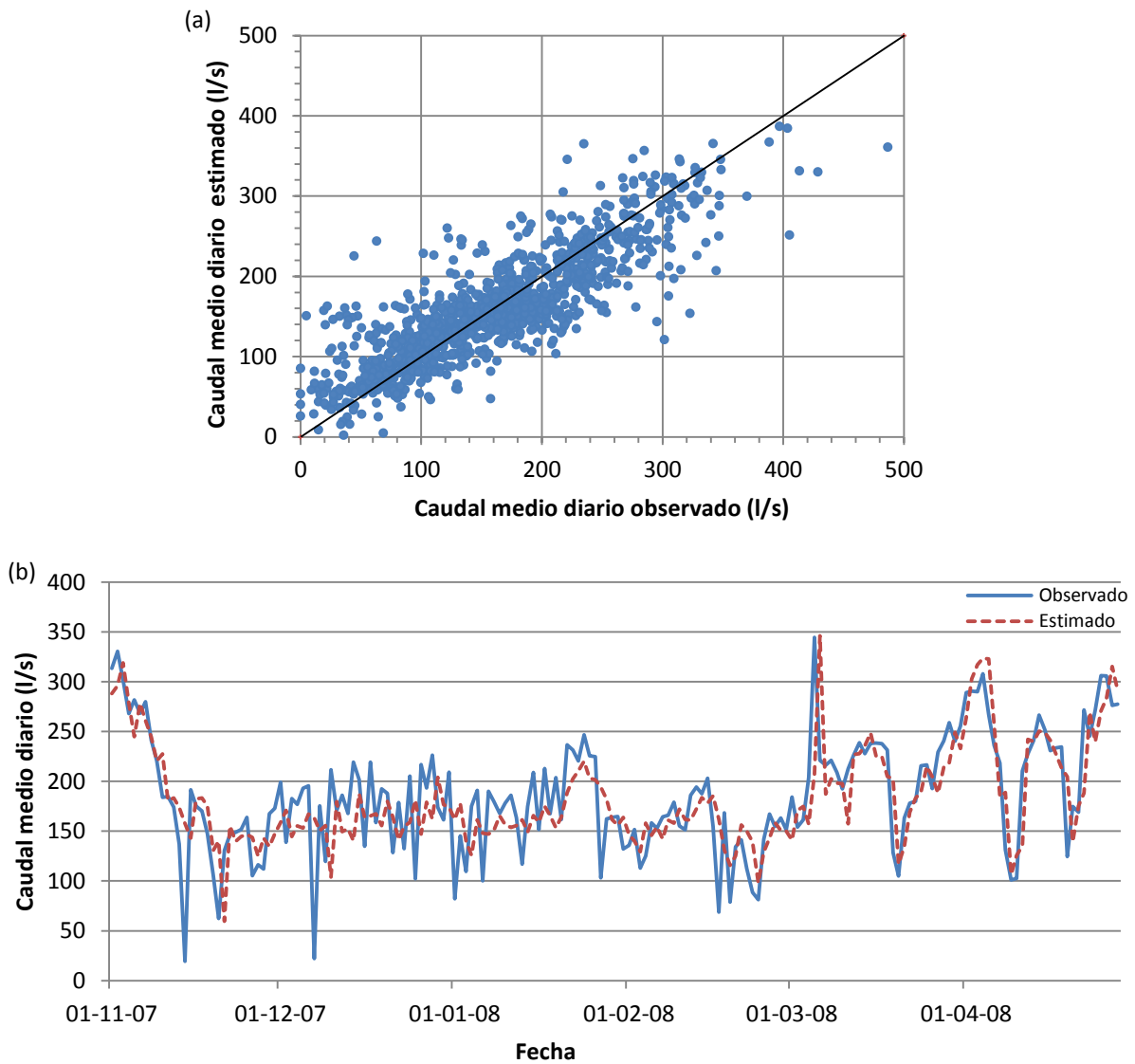


Figura 4.8. Caudales medios diarios observados y estimados por el mejor modelo predictivo (14:10:10:01) sin proceso de suavizado: (a) Valores observados versus valores estimados; y (b) ejemplo de serie temporal de los valores observados y estimados
[modelo $Q_t = f(Q_{t-1}, \dots, t-7, T_{max_{t-9}}, T_{max_{t-10}}, T_{min_{t-1}}, T_{min_{t-2}}, HR_{min_{t-1}}, P_{t-1}, ET_{o_{t-10}})$].

En la tabla 4.22 se muestran los resultados obtenidos con los modelos simulados de redes neuronales considerando la ecuación (4.17). Un análisis de los resultados obtenidos en dicha tabla indican que la mejor red neuronal tiene una estructura 14:10:10:01, es decir, catorce neuronas en la capa de entrada, dos capas ocultas con diez neuronas cada una de ellas y una neurona en la capa de salida. El algoritmo de entrenamiento fue BP y la calibración se llevo a cabo con un total de 10000 épocas. Entre las magnitudes de errores resultantes cabe destacar el coeficiente de correlación 0.85, el coeficiente de eficiencia 0.72 y el índice de persistencia 0.25. En la figura 4.8 se muestra la representación de los caudales observados frente a los estimados de este modelo neuronal.

Con estos resultados se aprecia una mejora significativa en las magnitudes de error en comparación con los modelos predictivos que sólo consideran datos climáticos como variables independientes (apartado 4.2 y tabla 4.21). El mejor modelo supone considerar como variable de entrada los caudales impulsados en siete días previos (tabla 4.22).

Como se indicó en el apartado de Material y métodos, también se ha plateado el suavizado de los datos de caudal impulsado registrados por el sistema SCADA. En la tabla 4.23 se muestran los resultados de las magnitudes de error de los mejores modelos anteriores incluyendo la variable suavizada caudal impulsado. La ecuación (4.17) queda modificada de la siguiente manera:

$$Q_{t_s} = f(Q_{(t-1)_s, \dots, (t-n)_s}, T_{max_{t-9}}, T_{max_{t-10}}, T_{min_{t-1}}, T_{min_{t-2}}, HR_{min_{t-1}}, P_{t-1}, ET_{o_{t-10}}), n=1, \dots, 10 \quad (4.18)$$

Tabla 4.23. Resultados de las magnitudes de error para los modelos predictivos analizados empleando las variables climáticas diarias de temperatura máxima en el tiempo $t-9$, temperatura máxima en el tiempo $t-10$, mínima en el tiempo $t-1$, temperatura mínima en el tiempo $t-2$, humedad relativa mínima en el tiempo $t-1$, precipitación en el tiempo $t-1$, evotranspiración potencial en el tiempo $t-10$ y el caudal suavizado medio diario impulsado por la estación de bombeo en el tiempo $t-n$, con $n=1, \dots, 10$:

$$Q_{t_s} = f(Q_{(t-1)_s, \dots, (t-n)_s}, T_{max_{t-9}}, T_{max_{t-10}}, T_{min_{t-1}}, T_{min_{t-2}}, HR_{min_{t-1}}, P_{t-1}, ET_{o_{t-10}}).$$

n	RNA	Algoritmo de entrenamiento	Número de épocas	R	R ²	E ₂	PI	RMSE (l/s)
1	08:10:10:01	BP	10000	0.93	0.86	0.86	0.03	16.35
2	09:10:10:01	BP	10000	0.95	0.90	0.90	0.61	10.39
3	10:10:10:01	BP	10000	0.95	0.90	0.90	0.73	8.58
4	11:10:10:01	BP	10000	0.95	0.90	0.90	0.74	8.40
5	12:10:10:01	BP	10000	0.95	0.90	0.90	0.79	7.56
6	13:10:10:01	BP	10000	0.95	0.90	0.90	0.80	7.45
7	14:10:10:01	BP	10000	0.95	0.90	0.90	0.80	7.45
8	15:10:10:01	BP	10000	0.96	0.92	0.92	0.83	6.83
9	16:10:10:01	BP	10000	0.96	0.92	0.92	0.84	6.71
10	17:10:10:01	BP	10000	0.96	0.92	0.92	0.84	6.73

*BP; algoritmo de entrenamiento *backpropagation*.

*LM; algoritmo de entrenamiento *Levenberg-Marquardt*.

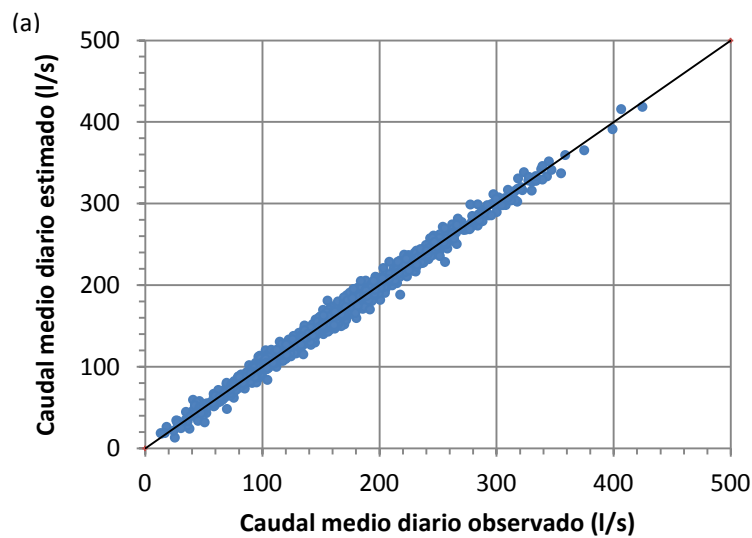


Figura 4.9(a). Caudales medios diarios observados y estimados por el mejor modelo predictivo (16:10:10:01) con proceso de suavizado: Valores observados versus valores estimados [modelo $Q_{t_s} = f(Q_{(t-1)_s, \dots, (t-9)_s}, T_{max_{t-9}}, T_{max_{t-10}}, T_{min_{t-1}}, T_{min_{t-2}}, HR_{min_{t-1}}, P_{t-1}, ET_{o_{t-10}})$].

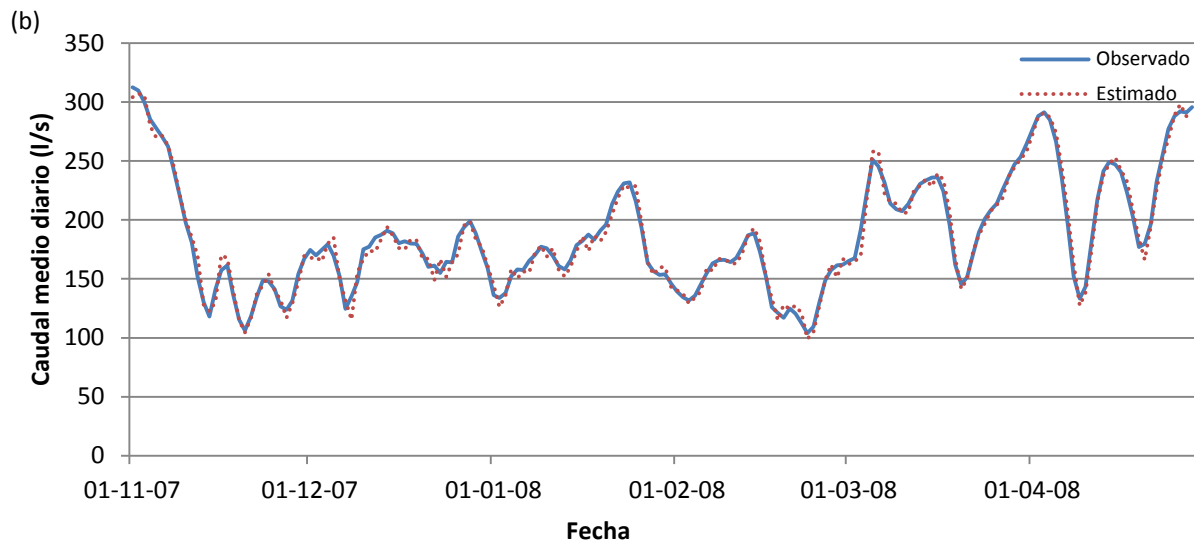


Figura 4.9(b). Caudales medios diarios observados y estimados por el mejor modelo predictivo (16:10:10:01) con proceso de suavizado: Ejemplo de serie temporal de los valores observados y estimados [modelo $Q_{t_s} = f(Q_{(t-1)_s, \dots, (t-9)_s}, T_{max_{t-9}}, T_{max_{t-10}}, T_{min_{t-1}}, T_{min_{t-2}}, HR_{min_{t-1}}, P_{t-1}, ET_{o_{t-10}})]$.

Un análisis de los resultados obtenidos indica que la mejor red neuronal presenta una estructura 16:10:10:01, es decir, dieciséis neuronas en la capa de entrada, dos capas ocultas con diez neuronas en cada una de ellas y una neurona en la capa de salida. Esta red neuronal se ha entrenado con el algoritmo BP y 10000 épocas. En las figuras 4.9(a) y 4.9(b) se ha representado gráficamente los caudales observados versus los caudales estimados de este mejor modelo predictivo considerando como variables independientes además de los datos climáticos seleccionados ($T_{max_{t-9}}, T_{max_{t-10}}, T_{min_{t-1}}, T_{min_{t-2}}, HR_{min_{t-1}}, P_{t-1}, ET_{o_{t-10}}$) los caudales impulsados en los nueve días previos.

Los coeficientes de correlación y de eficiencia resultantes, así como el índice de persistencia, ($R=0.96$, $E_2=0.92$ y $PI=0.84$) pueden considerarse estadísticamente muy buenos. Se han apreciado mejores resultados en todos los modelos predictivos planteados considerando el suavizado de la variable dependiente.

De los modelos neuronales predictivos evaluados en este apartado se puede observar que los mejores resultados se obtienen considerando la variable independiente caudal suavizado, lo cual es lógico, ya que se elimina el ruido presente en los datos registrados por el telecontrol.

De forma global se aprecian coeficientes de correlación, eficiencia e índices de persistencia de 0.9, 0.9 y 0.8 respectivamente. Se tratan de valores muy próximos a uno y por tanto altamente satisfactorios. En la tabla 4.24 queda recogido los dos mejores modelos planteados en este apartado.

Tabla 4.24. Magnitudes de error de los mejores modelos neuronales predictivos empleando como variables independientes datos climáticos y caudales impulsados en días previos.

Ecuación	RNA	Alg.	R	R ²	E ₂	PI	RMSE (l/s)
$Q_t = f(Q_{t-1, \dots, t-7}, T_{max_{t-9}}, T_{max_{t-10}}, T_{min_{t-1}}, T_{min_{t-2}}, HR_{min_{t-1}}, P_{t-1}, ET_{o_{t-10}})$	14:10:10:01	BP	0.85	0.72	0.72	0.25	41.57
$Q_{ts} = f(Q_{(t-1)_s, \dots, (t-9)_s}, T_{max_{t-9}}, T_{max_{t-10}}, T_{min_{t-1}}, T_{min_{t-2}}, HR_{min_{t-1}}, P_{t-1}, ET_{o_{t-10}})$	16:10:10:01	BP	0.96	0.92	0.92	0.84	6.71

*Alg. BP; algoritmo de entrenamiento *backpropagation*.

4.4. COMPARACIÓN DE MODELOS DESCRIPTIVOS Y PREDICTIVOS USANDO REGRESIONES LINEALES MÚLTIPLES.

Los mejores modelos neuronales (descriptivos y predictivos) obtenidos en los apartados anteriores de este capítulo han sido comparados con modelos tradicionales de Regresiones Lineales Múltiples (RLMs), utilizando lógicamente las mismas variables independientes.

En el caso de los mejores modelos descriptivos (con caudales no suavizados y suavizados) utilizando como variables de independientes todos los datos climáticos, en las tablas 4.25 y 4.26 y en las figuras 4.10 y 4.11 se indican los resultados obtenidos utilizando el análisis de RLM (tabla 4.25 y figura 4.10: modelo descriptivo con variable dependiente los caudales impulsados no suavizados; y tabla 4.26 y figura 4.11: modelo descriptivo con variable dependiente los caudales impulsados suavizados).

En ambos análisis se observa cómo se obtienen mejores resultados con las aproximaciones neuronales. Así en el modelo descriptivo con caudal impulsado sin suavizar se tiene con la mejor red neuronal un coeficiente de correlación de 0.74 (tabla 4.1) mientras que con la regresión lineal múltiple se tiene un coeficiente de correlación de 0.46 (tabla 4.25). Por otra parte, en el modelo descriptivo con caudal impulsado suavizado los coeficientes de correlación son para la mejor red neuronal de 0.78 y para la regresión lineal múltiple de 0.44 (tablas 4.6 y 4.26).

Tabla 4.25. Regresión Lineal Múltiple para el modelo descriptivo considerando como variable dependiente el caudal impulsado por la estación de bombeo (sin suavizar) en el tiempo t y como variables independientes todos los datos climáticos registrados en el tiempo t :

$$Q_t = (T_{max_t}, T_{min_t}, T_{med_t}, HR_{max_t}, HR_{min_t}, HR_{med_t}, U_t, DV_t, RS_t, P_t, ET_{0t}).$$

$$R=0.46; R^2=0.21; E_2=0.21; PI=-1.15; RMSE=71.08 \text{ (l/s)}$$

$$F(11,1084)=26.16; p<0.001$$

	Beta	Coefficientes b_i	Nivel de significación p
Interceptación		107.2572	0.0424
Variables independientes			
T_{max_t} (°C)	0.5229	6.9777	0.0006
T_{min_t} (°C)	0.0449	0.7016	0.6429
T_{med_t} (°C)	-0.6388	-9.4134	0.0006
HR_{max_t} (%)	0.0432	0.6145	0.3935
HR_{min_t} (%)	-0.0844	-0.4036	0.3109
HR_{med_t} (%)	-0.0989	-0.6472	0.3048
U_t (m/s)	0.1905	47.4097	<0.0001
DV_t (°)	-0.0691	-0.0507	0.0329
RS_t (MJ m ² /día)	0.8059	7.7172	<0.0001
P_t (mm/día)	-0.0786	-1.1328	0.0196
ET_{0t} (mm/día)	-0.8648	-38.8298	<0.0001

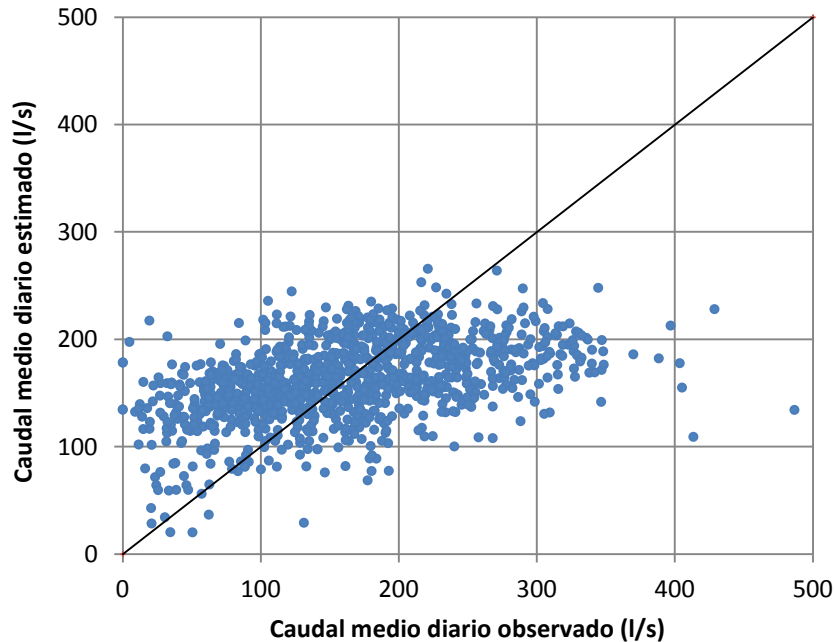


Figura 4.10. Valores de caudal observados frente a los valores de caudal estimados por el análisis de Regresión Lineal Múltiple [modelo descriptivo con variables independientes todos los datos climáticos y con variable dependiente el caudal impulsado no suavizado:

$$Q_t = (T_{max_t}, T_{min_t}, T_{med_t}, HR_{max_t}, HR_{min_t}, HR_{med_t}, U_t, DV_t, RS_t, P_t, ET_{0t}).$$

Tabla 4.26. Regresión Lineal Múltiple para el modelo descriptivo considerando como variable dependiente el caudal impulsado por la estación de bombeo (suavizado) en el tiempo t y como variables independientes todos los datos climáticos registrados en el tiempo t :

$$Q_{t_s} = f(T_{max_t}, T_{min_t}, T_{med_t}, HR_{max_t}, HR_{min_t}, HR_{med_t}, U_t, DV_t, RS_t, P_t, ET_{0_t}).$$

$$R=0.44; R^2=0.19; E_2=0.19; PI=-13.92; RMSE=64.43 \text{ (l/s)}$$

$$F(11,1070)=23.03; p<0.001$$

	Beta	Coefficientes b_i	Nivel de significación p
Interceptación		97.1168	0.0415
Variables independientes			
T_{max_t} (°C)	0.6248	7.3602	<0.0001
T_{min_t} (°C)	0.0572	0.7878	0.5636
T_{med_t} (°C)	-0.7645	-9.9411	<0.0001
HR_{max_t} (%)	0.0610	0.7663	0.2375
HR_{min_t} (%)	-0.0683	-0.2893	0.4232
HR_{med_t} (%)	-0.1151	-0.6670	0.2424
U_t (m/s)	0.2241	49.5395	<0.0001
DV_t (°)	-0.0751	-0.0488	0.0228
RS_t (MJ m ² /día)	0.6534	5.5547	<0.0001
P_t (mm/día)	-0.0469	-0.5962	0.1715
ET_{0_t} (mm/día)	-0.7470	-29.7209	<0.0001

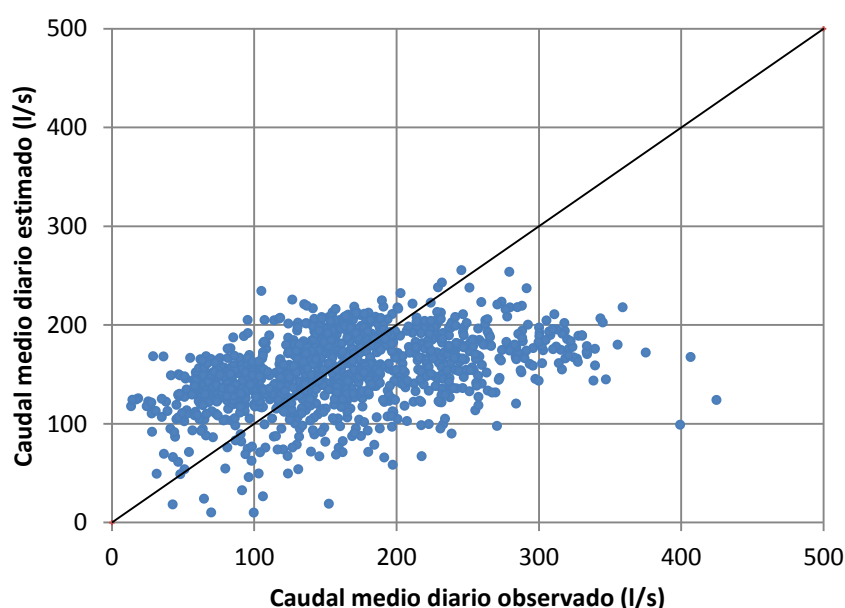


Figura 4.11. Valores de caudal observados frente a los valores de caudal estimados por el análisis de Regresión Lineal Múltiple [modelo descriptivo con variables independientes todos los datos climáticos y con variable dependiente el caudal impulsado suavizado]:

$$Q_{t_s} = f(T_{max_t}, T_{min_t}, T_{med_t}, HR_{max_t}, HR_{min_t}, HR_{med_t}, U_t, DV_t, RS_t, P_t, ET_{0_t}).$$

En el caso de los mejores modelos predictivos (con caudales no suavizados y suavizados) utilizando como variables independientes los datos climáticos diarios de temperatura máxima en el tiempo $t-9$, temperatura máxima en el tiempo $t-10$, temperatura mínima en el tiempo $t-1$, temperatura mínima en el tiempo $t-2$, humedad relativa mínima en el

tiempo t-1, precipitación en el tiempo t-1 y evotranspiración potencial en el tiempo t-10, en las tablas 4.27 y 4.28 se indican los resultados obtenidos utilizando el análisis de RLM (tabla 4.27: modelo predictivo con variable dependiente los caudales impulsados no suavizados; y tabla 4.28: modelo predictivo con variable dependiente los caudales impulsados suavizados).

En ambos análisis se observa cómo se obtienen mejores resultados con las aproximaciones neuronales. Así en el modelo predictivo con caudal impulsado sin suavizar se tiene con la mejor red neuronal un coeficiente de correlación de 0.66 (tabla 4.13) mientras que con la regresión lineal múltiple se tiene un coeficiente de correlación de 0.40 (tabla 4.27). Por otra parte, en el modelo predictivo con caudal impulsado suavizado los coeficientes de correlación son para la mejor red neuronal de 0.73 y para la regresión lineal múltiple de 0.41 (tablas 4.18 y 4.28).

Tabla 4.27. Regresión Lineal Múltiple para el modelo predictivo considerando como variable dependiente el caudal impulsado por la estación de bombeo (sin suavizar) en el tiempo t y como variables independientes: $T_{max\ t-9}$, $T_{max\ t-10}$, $T_{min\ t-1}$, $T_{min\ t-2}$, $HR_{min\ t-1}$, P_{t-1} , $ET_{0\ t-10}$:
 $Q_t = f(T_{max\ t-9}, T_{max\ t-10}, T_{min\ t-1}, T_{min\ t-2}, HR_{min\ t-1}, P_{t-1}, ET_{0\ t-10})$.

$R=0.40$; $R^2=0.16$; $E_2=0.16$; $PI=-1.23$; $RMSE=72.34$ (l/s)

$F(7,1074)=28.01$; $p<0.001$

	Beta	Coefficientes b_i	Nivel de significación p
Interceptación		313.2844	<0.0001
Variables independientes			
$T_{max\ t-9}$ (°C)	-0.0678	-0.8893	0.3502
$T_{max\ t-10}$ (°C)	-0.1771	-2.3226	0.0221
$T_{min\ t-1}$ (°C)	0.0114	0.1753	0.8573
$T_{min\ t-2}$ (°C)	-0.1421	-2.1761	0.0197
$HR_{min\ t-1}$ (%)	-0.2675	-1.2589	<0.0001
P_{t-1} (mm/día)	-0.0956	-1.3500	0.0015
$ET_{0\ t-10}$ (mm/día)	0.0305	1.3474	0.6157

Tabla 4.28. Regresión Lineal Múltiple para el modelo predictivo considerando como variable dependiente el caudal impulsado por la estación de bombeo (suavizado) en el tiempo t y como variables independientes: $T_{max\ t-9}$, $T_{max\ t-10}$, $T_{min\ t-1}$, $T_{min\ t-2}$, $HR_{min\ t-1}$, P_{t-1} , $ET_{0\ t-10}$:
 $Q_{ts} = f(T_{max\ t-9}, T_{max\ t-10}, T_{min\ t-1}, T_{min\ t-2}, HR_{min\ t-1}, P_{t-1}, ET_{0\ t-10})$.

$R=0.41$; $R^2=0.17$; $E_2=0.17$; $PI=-13.94$; $RMSE=64.26$ (l/s)

$F(7,1074)=31.40$; $p<0.001$

	Beta	Coefficientes b_i	Nivel de significación p
Interceptación		307.8506	<0.0001
Variables independientes			
$T_{max\ t-9}$ (°C)	-0.0609	-0.7190	0.3967
$T_{max\ t-10}$ (°C)	-0.2197	-2.5923	0.0042
$T_{min\ t-1}$ (°C)	-0.0035	-0.0493	0.9547
$T_{min\ t-2}$ (°C)	-0.1603	-2.2071	0.0079
$HR_{min\ t-1}$ (%)	-0.2670	-1.1304	<0.0001
P_{t-1} (mm/día)	-0.0777	-0.9871	0.0094
$ET_{0\ t-10}$ (mm/día)	0.0688	2.7348	0.2531

En el caso de los mejores modelos predictivos (con caudales no suavizados y suavizados) utilizando como variables de independientes los datos de caudales impulsados en días previos y datos climáticos diarios de temperatura máxima en el tiempo t-9, temperatura máxima en el tiempo t-10, temperatura mínima en el tiempo t-1, temperatura mínima en el tiempo t-2, humedad relativa mínima en el tiempo t-1, precipitación en el tiempo t-1 y evotranspiración potencial en el tiempo t-10, en las tablas 4.29 y 4.30 se indican los resultados obtenidos utilizando el análisis de RLM (tabla 4.29: modelo predictivo con variable dependiente los caudales impulsados no suavizados; y tabla 4.30: modelo predictivo con variable dependiente los caudales impulsados suavizados).

En ambos análisis se observa cómo se obtienen mejores resultados con las aproximaciones neuronales. Así en el modelo predictivo con caudal impulsado sin suavizar se tiene con la mejor red neuronal un coeficiente de correlación de 0.85 (tabla 4.22) mientras que con la regresión lineal múltiple se tiene un coeficiente de correlación de 0.83 (tabla 4.29). Por otra parte, en el modelo predictivo con caudal impulsado suavizado los coeficientes de correlación son para la mejor red neuronal de 0.95 y para la regresión lineal múltiple de 0.91 (tablas 4.23 y 4.30).

Tabla 4.29. Regresión Lineal Múltiple para el modelo predictivo considerando como variable dependiente el caudal impulsado por la estación de bombeo (sin suavizar) en el tiempo t y como variables independientes: $Q_{t-1}, \dots, Q_{t-7}, T_{\max t-9}, T_{\max t-10}, T_{\min t-1}, T_{\min t-2}, HR_{\min t-1}, P_{t-1}, ET_{0 t-10}$:
 $Q_t = f(Q_{t-1}, \dots, Q_{t-7}, T_{\max t-9}, T_{\max t-10}, T_{\min t-1}, T_{\min t-2}, HR_{\min t-1}, P_{t-1}, ET_{0 t-10})$.

R=0.83; R ² =0.69; E ₂ =0.91; PI=-0.25; RMSE=54.44 (l/s)			
F(14,1067)=167.76; p<0.001			
	Beta	Coefficientes b _i	Nivel de significación p
Interceptación		59.42179	<0.0001
Variables independientes			
Q_{t-1} (l/s)	0.5977	0.7982	<0.0001
Q_{t-2} (l/s)	0.1065	0.1066	0.0031
Q_{t-3} (l/s)	0.0002	0.0002	0.9943
Q_{t-4} (l/s)	0.0321	0.0321	0.3695
Q_{t-5} (l/s)	-0.0046	-0.0046	0.8962
Q_{t-6} (l/s)	-0.0094	-0.0094	0.7900
Q_{t-7} (l/s)	0.1516	0.1515	<0.0001
$T_{\max t-9}$ (°C)	-0.0467	-0.6133	0.2929
$T_{\max t-10}$ (°C)	-0.0199	-0.2611	0.6744
$T_{\min t-1}$ (°C)	0.0585	0.8966	0.1345
$T_{\min t-2}$ (°C)	-0.0167	-0.2557	0.6574
$HR_{\min t-1}$ (%)	-0.0850	-0.4001	<0.0001
P_{t-1} (mm/día)	-0.0294	-0.4162	0.1239
$ET_{0 t-10}$ (mm/día)	-0.0490	-2.1641	0.1889

Tabla 4.30. Regresión Lineal Múltiple para el modelo predictivo considerando como variable dependiente el caudal impulsado por la estación de bombeo (suavizado) en el tiempo t y como variables independientes: $Q_{s\ t-1}, \dots, Q_{s\ t-7}, T_{max\ t-9}, T_{max\ t-10}, T_{min\ t-1}, T_{min\ t-2}, HR_{min\ t-1}, P_{t-1}, ET_{0\ t-10}$:
 $Q_{t_s} = f(Q_{(t-1)_s, \dots, (t-7)_s}, T_{max\ t-9}, T_{max\ t-10}, T_{min\ t-1}, T_{min\ t-2}, HR_{min\ t-1}, P_{t-1}, ET_{0\ t-10})$.

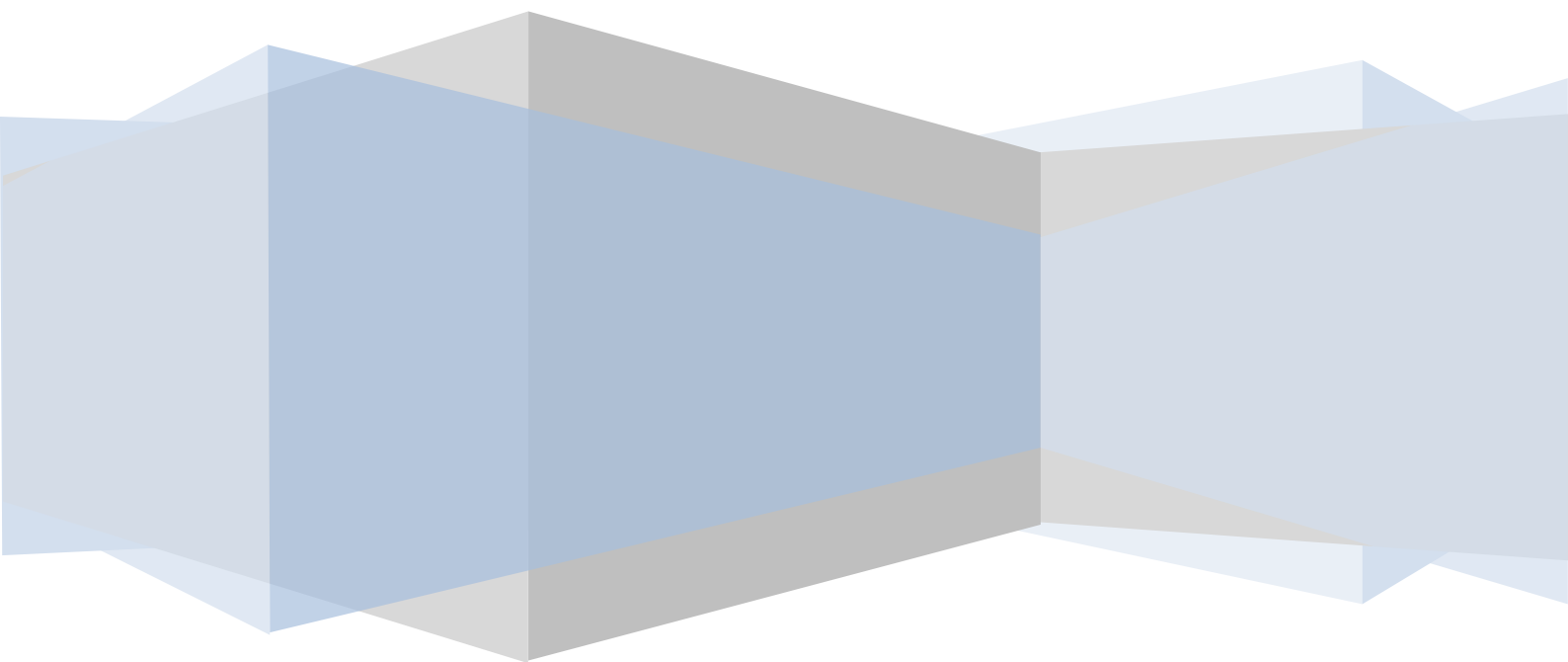
$R=0.91$; $R^2=0.83$; $E_2=0.91$; $PI=0.52$; $RMSE=11.44$ (l/s)

$F(14,1067)=6773.7$; $p<0.001$

	Beta	Coefficientes b_i	Nivel de significación p
Interceptación		6.07238	0.0010
Variables independientes			
$Q_{s\ t-1}$ (l/s)	2.2002	4.2037	<0.0001
$Q_{s\ t-2}$ (l/s)	-1.5050	-1.5091	<0.0001
$Q_{s\ t-3}$ (l/s)	-0.4657	-0.4673	<0.0001
$Q_{s\ t-4}$ (l/s)	1.4393	1.4444	<0.0001
$Q_{s\ t-5}$ (l/s)	-0.8189	-0.8215	<0.0001
$Q_{s\ t-6}$ (l/s)	0.0190	0.0190	0.7932
$Q_{s\ t-7}$ (l/s)	0.1142	0.1143	0.0002
$T_{max\ t-9}$ (°C)	-0.0137	-0.1625	0.1018
$T_{max\ t-10}$ (°C)	-0.0034	-0.0406	0.7010
$T_{min\ t-1}$ (°C)	0.0146	0.2011	0.0481
$T_{min\ t-2}$ (°C)	-0.0105	-0.1447	0.1382
$HR_{min\ t-1}$ (%)	-0.0006	-0.0028	0.8700
P_{t-1} (mm/día)	0.0149	0.1898	<0.0001
$ET_{0\ t-10}$ (mm/día)	0.0057	0.2297	0.4126

CAPÍTULO 5.

CONCLUSIONES.



CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES.

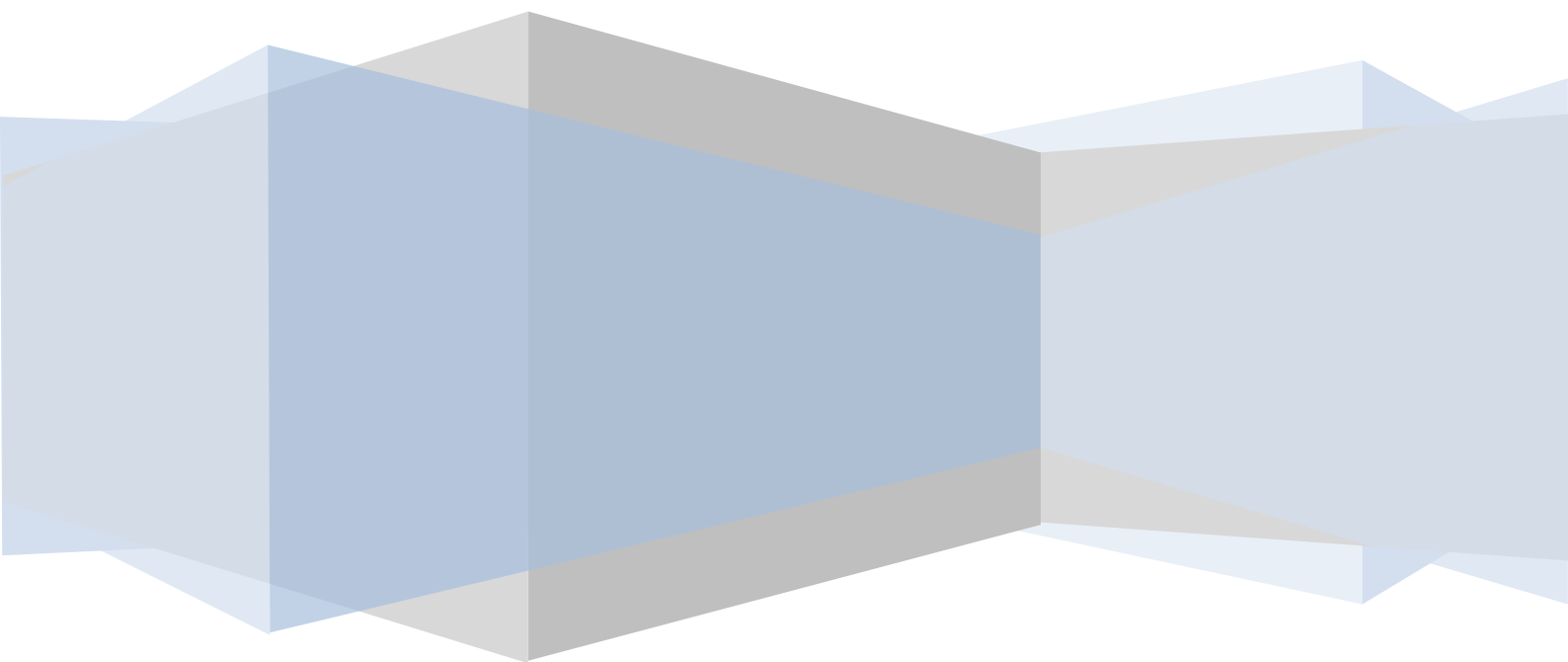
La evaluación de los modelos de Redes Neuronales Artificiales como herramienta de apoyo en el control en tiempo real de los caudales de agua impulsados por la estación de bombeo del sector II de la zona regable de Palos de la Frontera ha mostrado resultados bastante satisfactorios. Se han conseguido magnitudes de error estadísticamente bastante aceptables, con coeficientes de determinación y de eficiencia superiores a 0.7.

La comparación de las aproximaciones neuronales con modelos tradicionales de Regresiones Lineales Múltiples ha supuesto un mejor funcionamiento de los modelos heurísticos debido a las relaciones funcionales no lineales presentes en las variables independientes consideradas en los modelos (datos climáticos y caudales impulsados en periodos de tiempo anteriores).

Actualmente, la regulación de la mayoría de los sistemas de abastecimiento a zonas regables se basan en curvas de modulación de la demanda de agua promediadas para ciertos periodos de tiempo (10 días o periodos semanales, normalmente). Cuando hay diferencias significativas entre estas curvas asumidas de demanda de agua y la que realmente se produce conforme a las características de un día determinado (por ejemplo, debido a cambios en el estado de desarrollo de los cultivos o en las condiciones climáticas previstas), es necesario con estas condiciones volver a introducir los datos en el programa de ordenador que controla las operaciones de la estación de bombeo. Esto puede implicar valores no aceptables de presión y caudal en la red hidráulica durante ciertos periodos de tiempo, lo cual puede afectar a su funcionamiento e incluso al rendimiento de los cultivos. En consecuencia, la alternativa es desarrollar una aplicación de ordenador que incluya una aproximación similar a la desarrollada en este trabajo que implique un proceso de estimación del caudal impulsado a la red hidráulica y que pueda ser adaptado diariamente.

CAPÍTULO 6.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.



CAPÍTULO 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Abrahart, R.J.; L. See; P.E. Kneale. 1999. Using pruning algorithms and genetic algorithms to optimise network architectures and forecasting inputs in a neural network rainfall-runoff model. *J. Hydroinformatics*, 1(2): 103–114.

Abrahart, R.J.; L. See. 2000. Comparing neural network and autoregressive moving average techniques for the provision of continuous river flow forecasts in two contrasting catchments. *Hydrol. Process.*, 14: 2157–2172.

Abrahart, R.J.; L. See. 2002. Multi-model data fusion for river flow forecasting: an evaluation of six alternative methods based on two contrasting catchments. *HESS*, 6(4): 655–670.

Agarwal, A.; S.K. Mishra; S. Ram; J.K. Singh. 2006. Simulation of runoff and sediment yield using artificial neural networks. *Biosyst. Eng.*, 94(4): 597–613.

Allen R. G.; L. S. Pereira; D. Raes; M. Smith. 1998. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. *FAO Irrigation and Drainage Paper* 56, FAO, Roma.

Álvarez, J.; S. Bolado. 1996. Descripción de los procesos de infiltración mediante redes neurales artificiales. *Ingeniería del Agua*, 3: 39–46.

Ancil, F.; A. Rat. 2005. Evaluation of neural network streamflow forecasting on 47 watersheds. *J. Hydrol. Eng.*, 10(1): 85–88.

Cameron, D.; P. Kneale; L. See. 2002. An evaluation of a traditional and a neural net modelling approach to flood forecasting for an upland catchment. *Hydrol. Process.*, 16: 1033–1046.

Chiang, Y.M.; L.C. Chang; F.J. Chang. 2004. Comparison of static feedforward and dynamic-feedback neural networks for rainfall-runoff modeling. *J. Hydrol.*, 290: 297–311.

Coulbeck, B.; S.T. Tennant; C.H. Orr. 1985. Development of a demand prediction program for use in optimal control of water supply. *Systems Sci.*, 11: 59–66.

Coulbeck, B. 1988. *Computer Control of Water Supply*. Leicester Polytechnic, Leicester, UK.

Comunidad de Regantes de Palos de la Frontera. 2011. *Normativa de riegos y de agua potable*. En: Página web de la Comunidad de Regantes de Palos de la Frontera (Huelva) [www.crpalos.com].

Consejería de Agricultura y Pesca. 2003. *Inventario y caracterización de los regadíos de Andalucía. Actualización 2002*. Junta de Andalucía, Sevilla.

De Vries, B.; J.C. Principe. 1991. A theory for neural networks with time delays. *En: Advances in Neural Information Processing Systems*, Vol. 3, Morgan Kaufmann Publishers, California, USA.

Doorenbos, J.; W.O. Pruitt. 1977. Guidelines for predicting crop water requirements. *FAO Irrigation and Drainage Paper 24*, FAO, Roma.

Doorenbos, J.; A.H. Kassam. 1979. Yield response to water. *FAO Irrigation and Drainage Paper 33*, FAO, Roma.

Fontdecaba, S.; P. Grima; Ll. Marco; L. Rodero; J.A. Sánchez-Espigares; I. Solé; X. Tort-Martorell; D. Demessence; V. Martínez De Pablo; J. Zubelzu. 2011. A methodology to model water demand based on the identification of homogenous client segments. Application to the city of Barcelona. *Water Resour. Manage.*, 26: 499-516.

French, M.N.; W.F. Krajewski; R.R. Cuykendall. 1992. Rainfall forecasting in space and time using a neural network. *J. Hydrol.*, 137: 1-31.

Givi, J.; S.O. Prasher; R.M. Patel. 2004. Evaluation of pedotransfer functions in predicting the soil water contents at field capacity and wilting point. *Agric. Water Manage.*, 70(2): 83-96.

Griño, R. 1992. Neural networks for univariate time series forecasting and their application to water demand prediction. *Neural Netw. World*, 2(5): 437-450.

Gutiérrez-Estrada, J.C.; E. de Pedro-Sanz; R. López-Luque; I. Pulido-Calvo. 2004. Comparison between traditional methods and artificial neural networks for ammonia concentration forecasting in an eel (*Anguilla anguilla* L.) intensive rearing system. *Aquacult. Eng.*, 31: 183-203.

Hair Jr., J.F.; R.E. Anderson; R.L. Tatham; W.C. Black. 1999. Análisis de regresión múltiple. *En Análisis multivariante*. Prentice Hall Iberia, 5ª ed., Madrid, 4: 143-226.

Hartkamp, A.D.; J.W. White; G. Hoogenboom. 1999. Interfacing geographic information systems with agronomic modeling: a review. *Agron. J.*, 91: 761-772.

Hartley, J.A.; R.S. Powell. 1991. The development of a combined demand prediction system. *Civ. Eng. Systems*, 8: 231-236.

Hsu, K.; H.V. Gupta; S. Sorooshian. 1995. Artificial neural network modeling of the rainfall-runoff process. *Water Resour. Res.*, 31: 2517-2530.

Kite, G. 2000. Using a basin-scale hydrological model to estimate crop transpiration and soil evaporation. *J. Hydrol.*, 229: 59–69.

Kite, G.; P. Droogers. 2000. Comparing evapotranspiration estimates from satellites, hydrological models and field data. *J. Hydrol.*, 229: 3–18.

Kuligowski, R.J.; A.P. Barros. 1998. Experiments in short-term precipitation forecasting using artificial neural networks. *Mon. Weather Rev.*, 126(2): 470–482.

Jowitt, P.W.; C. Xu. 1992. Demand forecasting for water distribution systems. *Civ. Eng. Systems*, 9: 105-121.

Kitanidis, P.K.; R.L. Bras. 1980. Real time forecasting with a conceptual hydrological model. 2: Applications and results. *Water Resour. Res.*, 16(6): 1034-1044.

Legates, D.R.; G.J. McCabe Jr. 1999. Evaluating the use of “goodness-of-fit” measures in hydrologic and hydroclimatic model validation. *Water Resour. Res.*, 35(1): 233-241.

Leib, B.G.; G. Matthews; M. Kroeger. 2003. Development of an ontime logger for irrigation systems. *Agric. Water Manage.*, 62: 67–77.

León, C.; S. Martín; J.M. Elena; J. Luque. 2000. Explore-Hybrid expert system for water networks management. *J. Water Resour. Planning Manage.*, 126: 65-74.

Lorite, I.J.; L. Mateos; E. Fereres. 2004. Evaluating irrigation performance in a Mediterranean environment. I: Model and general assessment of an irrigation scheme. *Irrig. Science*, 23: 77–84.

Lorrai, M.; G.M. Sechi. 1995. Neural nets for modelling rainfallrunoff transformations. *Water Resour. Manage.*, 9: 299–313.

Maidment, D.R.; S.P. Miaou; M.M. Crawford. 1985. Transfer function models for daily urban water use. *Water Resour. Res.*, 21: 425-432.

Mareels, I.; E. Weker; S.K. Ooi; M. Cantoni; Y. Li; G. Nair. 2005. Systems engineering for irrigation systems: successes and challenges. *Annu. Rev. Contr.*, 29: 191–204.

Martín-del-Brío, B.; A. Sanz-Molina. 2001. *Redes neuronales y sistemas borrosos*. Ra-Ma, Madrid.

Mason, J.C.; A. Tem'ne; R.K. Price. 1996. A neural network model of rainfall-runoff using radial basis functions. *J. Hydrol. Res.*, 34(4): 537–548.

Miranda, F.R.; R.E. Yoder; J.B. Wilkerson; L.O. Odhiambo. 2005. An autonomous controller for site-specific management of fixed irrigation systems. *Comput. Electron. Agr.*, 48: 183–197.

Molino, B.; G. Rasulo; L. Tagliatela. 1996. Forecast model of water consumption for Naples. *Water Resour. Manage.*, 10: 321–332.

Moradkhani, H.; K. Hsu; H.V. Gupta; S. Sorooshian. 2004. Improved streamflow forecasting using self-organizing radial basis function artificial neural networks. *J. Hydrol.*, 295: 246–262.

Nash, J.E.; J.V. Sutcliffe. 1970. River flow forecasting through conceptual models. I: A discussion of principles. *J. Hydrol.*, 10: 282–290.

Nayebi, M.; D. Khalili; S. Amin; Sh. Zand-Parsa. 2006. Daily stream flow prediction capability of artificial neural networks as influenced by minimum air temperature data. *Biosystems Eng.*, 95(4): 557–567.

Nel, D.; J. Haarhoff. 1996. Sizing municipal water storage tanks with Monte Carlo simulation. *J. Water SRT & Aqua*, 45: 203–212.

Pérez-Martín, D.; A. Garrido-Varo; J.E. Guerrero; J.C. Gutiérrez-Estrada. 2006. Use of artificial neural networks in nearinfrared reflectance spectroscopy calibrations for predicting the inclusion percentages of wheat and sunflower meal in compound feedingstuffs. *Appl. Spect.*, 60(9): 1062–1069.

Pérez-Urrestarazu, L. 2007. *Aplicación de los indicadores para el análisis de las acciones de mejora en zonas regables y para el desarrollo de un modelo de gestión integral del agua de riego*. Tesis Doctoral, Universidad de Córdoba, Córdoba.

Pérez-Urrestarazu, L.; J.A. Rodríguez-Díaz; E. Camacho-Poyato; R. López-Luque. 2009. Quality of service in irrigation distribution networks: Case of Palos de la Frontera irrigation district (Spain). *J. Irrig. Drain. Eng.*, 135: 755–762.

Pulido-Calvo, I.; J. Roldán; R. López-Luque; J.C. Gutiérrez-Estrada. 2002. Técnicas de predicción a corto plazo de la demanda de agua. Aplicación al uso agrícola. *Ingeniería del Agua*, 9(3): 319–331.

Pulido-Calvo, I.; J. Roldán; R. López-Luque; J.C. Gutiérrez-Estrada. 2003. Demand forecasting for irrigation water distribution systems. *J. Irrig. Drain. Eng.*, 129(6): 422–431.

Pulido-Calvo, I.; M.M. Portela. 2007. Application of neural approaches to one-step daily flow forecasting in Portuguese watersheds. *J. Hydrol.*, 332: 1–15.

Pulido-Calvo, I.; P. Montesinos; J. Roldán; F. Ruiz-Navarro. 2007. Linear regressions and neural approaches to water demand forecasting in irrigation districts with telemetry systems. *Biosystems Eng.*, 97: 283-293.

Rizzo, D.M.; D.E. Dougherty. 1994. Characterization of aquifer properties using artificial neural networks: neural kriging. *Water Resour. Res.*, 30: 483-497.

Roger, L.L.; F.U. Dowla. 1994. Optimization of groundwater remediation using artificial neural networks with parallel solute transport modeling. *Water Resour. Res.*, 30(2): 457–481.

Rüfenatch, H.P.; H. Guibentif. 1997. A model for forecasting water consumption in Geneva canton, Switzerland. *J. Water SRT & Aqua*, 46: 196-201.

Rumelhart, D.E.; G.E. Hinton; R.J. Williams. 1986. Learning representations by back-propagation errors. *Nature*, 323: 533-536.

Saporta, D.; M. Muñoz. 1994. El consumo en redes de distribución. Predicción diaria de la demanda. En: *Mejora del rendimiento y de la fiabilidad en sistemas de distribución de agua*. Aguas de Valencia y U.D. Mecánica de Fluidos (Universidad Politécnica de Valencia), 2: 43-75.

See L.; S. Openshaw. 2000. A hybrid multi-model approach to river level forecasting. *Hydrolog. Sci. J.*, 45(4): 523–536.

Sharma V.; S.C. Negi; R.P. Rudra; S. Yang. 2003. Neural networks for predicting nitrate-nitrogen in drainage water. *Agric. Water Manage.*, 63(3): 169–183.

Shepherd, A.J. 1997. *Second-Order Methods for Neural Networks*. Springer, Nueva York, USA.

Shin, H.S.; J.D. Salas. 2000. Regional drought analysis based on neural networks. *J. Hydrol. Eng.*, 5(2): 145–155.

Shvartser, L.; U. Shamir; M. Feldman. 1993. Forecasting hourly water demands by pattern recognition approach. *J. Water Resour. Planning and Manage.*, 119: 611-627.

Tan, Y.; A. van Cauwenberghe. 1999. Neural-network-based d-step-ahead predictors for nonlinear systems with time delay. *Eng. Applic. Artif. Intell.*, 12(1): 21-25.

Thirumalaiah K.; M.C. Deo. 1998. River stage forecasting using artificial neural networks. *J. Hydrol. Eng.*, 3(1): 26–32.

Thirumalaiah K.; M.C. Deo. 2000. Hydrological forecasting using neural networks. *J. Hydrol. Eng.*, 5(2): 180–189.

Tokar A.S.; P.A. Johnson. 1999. Rainfall-runoff modeling using artificial neural networks. *J. Hydrol. Eng.*, 4(3): 232–239.

Tokar A.S.; M. Markus. 2000. Precipitation-runoff modeling using artificial neural networks and conceptual models. *J. Hydrol. Eng.*, 5(2): 156–161.

Tsoukalas, L.H.; R.E. Uhrig. 1997. *Fuzzy and neural approaches in engineering*. Wiley Interscience, Nueva York, USA.

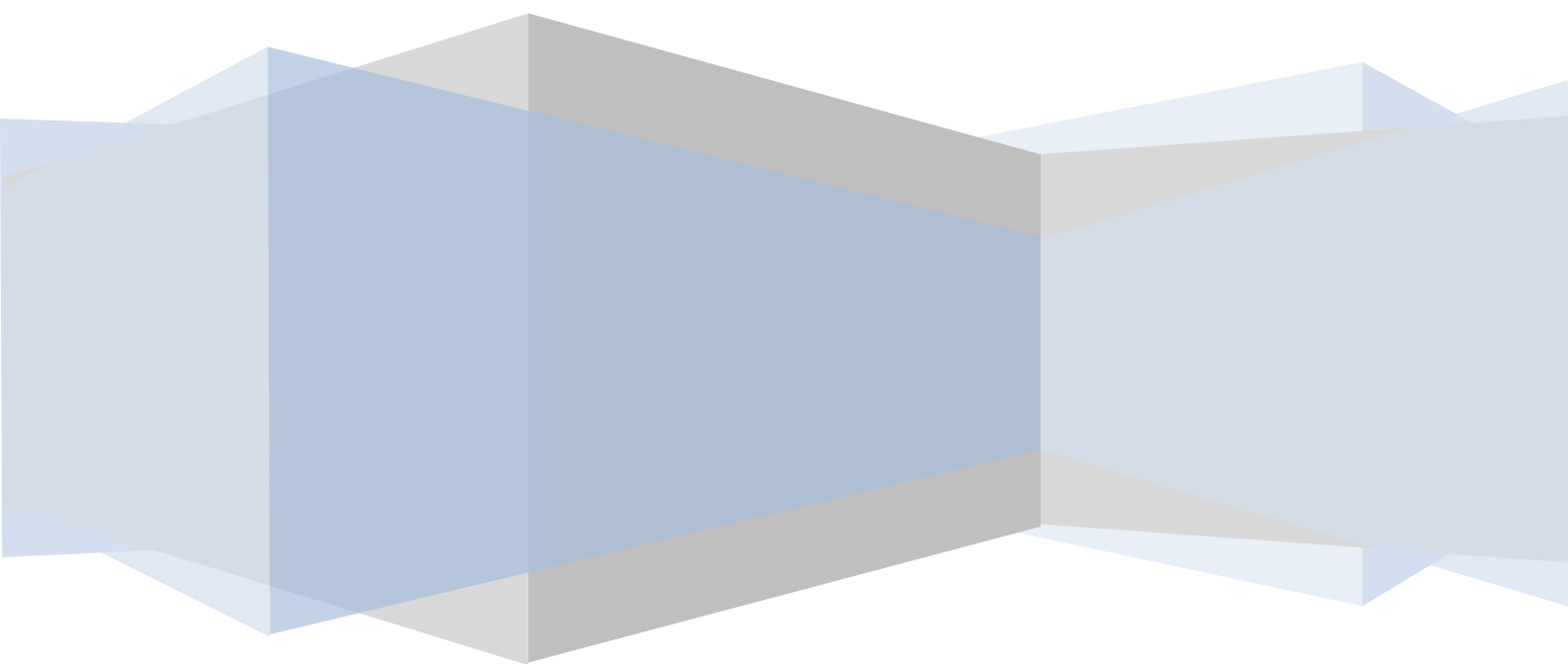
Van Aelst, P.V.; R.A. Ragab; J. Feyen; D. Raes. 1988. Improving irrigation management by modelling the irrigation schedule. *Agric. Water Manage.*, 13: 113–125.

Yang, C.C.; S.O. Prasher; R. Lacroix; S. Sreekanth; N.K. Patni; L. Masse. 1997. Artificial neural network model for subsurface-drained farmland. *J. Irrig. Drain. Eng.*, 123(4): 285–292.

Zhang, M.; J. Fulcher; R.A. Scofield. 1997. Rainfall estimation using artificial neural network group. *Neurocomputing*, 16: 97–115.

ANEXO.

BASE DE DATOS DEL SECTOR II.



ANEXO: BASE DE DATOS DEL SECTOR II.

En este anexo se indican los datos del caudal medio diario impulsado por la estación de bombeo del sector II de la CC.RR. de Palos de la Frontera (Huelva) y registrados por el sistema SCADA instalado en el sistema de distribución de agua. También se muestran los datos climáticos diarios registrados en la estación de Moguer (Huelva) (latitud: 37° 08' 52" N; longitud: 06° 47' 28" W; altitud 87.0 m).

Tabla 5(a). Caudal medio diario impulsado por la estación de bombeo del sector II de la CC.RR. "Palos de la Frontera" y datos climáticos correspondientes.

Fecha	Q (l/s)	T _{max} (°C)	T _{min} (°C)	T _{med} (°C)	HR _{max} (%)	HR _{min} (%)	HR _{med} (%)	U (m/s)	DV (°)	RS (MJ/m ² día)	P (mm)	ET ₀ (mm/día)
01/05/2005	259.59	21.3	10.5	17.4	95.3	58.2	79.4	0.9	219.3	25.7	0	3.98
02/05/2005	338.07	22.8	10.1	17.5	95.1	47.6	72.6	0.9	284.1	26.3	0	4.2
03/05/2005	324.28	27.4	10.7	18.7	90	21.4	56.2	0.9	317.1	29.3	0	5.07
04/05/2005	314.85	28.9	14.6	20.5	84.9	21.4	53.2	0.9	305.2	27.8	0	5.17
05/05/2005	339.91	26.1	10.9	19.3	91.6	28.8	58.5	0.7	284.2	28.7	0	4.76
06/05/2005	329.32	27.7	10.6	19.1	94.4	34.3	68.9	0.7	153.6	28.4	0	4.82
07/05/2005	287.20	22.7	11.7	17.6	93.8	31.4	77.3	0.9	177.1	26.5	0	4.37
08/05/2005	281.47	24.5	11.1	17.9	95.6	40.3	73.1	0.8	268	28.3	0	4.6
09/05/2005	296.96	28.2	15.6	20.4	93	31.4	65.2	1.3	265.1	27.6	0	5.37
10/05/2005	266.91	23	10.9	18	95.6	43.1	77.4	1	241.4	27.4	0	4.48
11/05/2005	277.82	22.9	13	18.8	94.9	55.4	79.4	1	219.8	27.5	0	4.49
12/05/2005	107.54	22.2	13.5	18.3	95.1	67.8	83.1	1.7	235.8	24.6	7.8	4.01
13/05/2005	176.45	21.3	11.2	16.3	94.3	43.8	74.6	0.7	287	24	0	3.83
14/05/2005	199.22	23.3	8.3	16.3	93.5	35	64.2	0.9	307.5	30.5	0	4.76
15/05/2005	195.52	25.8	11.3	18.5	82.6	22.3	53.1	1.2	318.2	30.4	0	5.4
16/05/2005	191.88	22.1	10.3	16.4	89.5	33.5	65	1.4	283.5	21.9	0.8	4.08
17/05/2005	209.75	23.1	9.8	16	91.9	35.1	68.6	1	307.6	31	0	4.87
18/05/2005	235.69	27.7	9.4	18.9	87.6	19.1	53.3	0.7	331.9	31	0	5.19
19/05/2005	223.69	32.7	9.1	21.4	85.8	14.4	45.1	0.7	210.1	31.4	0	5.71
20/05/2005	239.73	29	11	21.1	83.9	18.9	49.6	0.7	266.1	31.2	0	5.41
21/05/2005	214.63	30.1	15.8	21.9	79.1	27.4	55.1	1.1	319.3	29.5	0	5.83
22/05/2005	241.66	26.3	12.9	19.5	63.6	20.6	40.5	1.3	334.3	32	0	5.87
23/05/2005	261.47	30.7	10.8	19.7	87	12.8	46.6	0.7	348.4	32.4	0	5.65
24/05/2005	253.00	29.5	10.1	20.2	87.7	26.2	57.9	0.7	87.7	30.2	0	5.32
25/05/2005	236.25	28.3	11.6	19.9	90.9	24.5	63.7	0.7	295.7	29.3	0	5.14
26/05/2005	207.77	26.8	12.9	19.3	93.4	25	68.2	0.8	189.8	29.7	0	5.17
27/05/2005	198.20	24.7	12.9	19.9	94.4	56.9	76.8	0.9	211.9	27.9	0	4.74
28/05/2005	171.11	27.5	15.1	21.6	94	37.4	64	0.7	260	24.6	0	4.6
29/05/2005	46.07	22.6	16	18.8	92.4	61	82.3	0.6	354.2	5.1	3.4	1.54
30/05/2005	135.24	27.8	15.8	20.8	92.8	46.8	70.7	0.6	288	21.9	0	4.14
31/05/2005	228.64	31	15.6	22.6	90.5	31.4	65.2	0.6	22.4	23.3	0	4.63
01/06/2005	133.27	27.5	17	22	93.9	41.9	67.8	0.8	219.2	25	0	4.75
02/06/2005	169.88	28.6	14.8	22.3	91.4	40	65.3	0.8	225.2	27.3	0	5.12
03/06/2005	251.68	29.9	15.6	22.6	93.5	30	60.2	0.7	253.6	28.7	0	5.38
04/06/2005	63.07	33.1	16.3	24.3	91.3	16.3	49.4	0.7	290.5	30.3	0	5.89
05/06/2005	45.00	32.8	15	24.8	91	24.5	52.4	0.7	231.7	30	0	5.83
06/06/2005	83.07	31.2	15.7	23.4	91.6	35.3	66.2	0.6	226	29.6	0	5.55

Q Caudal medio diario; T_{max} Temperatura máxima diaria; T_{min} Temperatura mínima diaria; T_{med} Temperatura media diaria; HR_{max} Humedad relativa máxima diaria; HR_{min} Humedad relativa mínima diaria; HR_{med} Humedad relativa media diaria; U Velocidad del viento diaria; DV Dirección del viento diaria; RS Radiación solar diaria; P Precipitación diaria; ET₀ Evotranspiración potencial diaria.

Tabla 5(b). Caudal medio diario impulsado por la estación de bombeo del sector II de la CC.RR. "Palos de la Frontera" y datos climáticos correspondientes.

Fecha	Q (l/s)	T_{max} (°C)	T_{min} (°C)	T_{med} (°C)	HR_{max} (%)	HR_{min} (%)	HR_{med} (%)	U (m/s)	DV (°)	RS (MJ/m ² día)	P (mm)	ET _o (mm/día)
07/06/2005	87.86	29.8	17.1	23.7	94.4	41.7	63.6	0.8	167.3	28.5	0	5.47
08/06/2005	116.77	32.8	17	24.8	74.8	22.5	44.6	1.1	130.5	29.8	0	6.31
09/06/2005	301.57	29.7	15.1	22.8	88.6	27.4	55.7	0.8	187.8	29.9	0	5.62
10/06/2005	208.14	32.2	14.3	23.2	87.9	21.3	54.2	0.7	263.8	29.2	0	5.63
11/06/2005	21.77	29.6	13.5	21.8	93.6	37.1	67.2	0.7	248.4	24.1	0	4.67
12/06/2005	14.91	24.3	15.1	20.6	85.2	51.8	65.1	1.4	270.1	29.5	0	5.22
13/06/2005	90.13	24.5	15.6	20.3	88.2	46.2	67.3	1.3	266.5	26.5	0	4.87
14/06/2005	152.66	26.1	11	20.1	93.8	41.7	66.9	0.9	289	29.4	0	5.12
15/06/2005	26.91	31.5	15.4	24.2	79.6	24.4	49.3	1	312.1	30.6	0	6.11
16/06/2005	93.58	36.1	14	26	81.6	16.8	42.9	0.6	241.4	30.4	0	5.99
17/06/2005	125.74	35.4	14.5	25.4	74.5	17.4	46.7	0.7	133.7	28.5	0	5.84
18/06/2005	12.39	32.4	15.6	24.8	78.4	26.9	52	0.7	196.7	28.7	0	5.65
19/06/2005	11.00	33.4	16.5	25.5	87.7	25.8	52.8	0.7	243	25.8	0	5.36
20/06/2005	13.98	34	18.2	26.1	78.9	21.3	47.1	0.5	256.3	25.3	0	5.12
21/06/2005	17.70	35.6	17.7	26.2	78.6	19.7	48.1	0.5	183.8	24.5	0	5.1
22/06/2005	8.92	33.5	17.4	25.4	85.3	24.3	49.8	0.7	187.6	23.5	0	5.07
23/06/2005	55.72	34.3	17.2	22.6	94	41.7	74.2	0.8	258.1	30	0	6.05
24/06/2005	154.16	26.3	16.6	21.6	91.3	51.2	70.6	1	291.5	31.2	0	5.55
25/06/2005	171.47	25.4	16.4	21.2	86.7	39.5	68.1	1	283.1	31.5	0	5.57
26/06/2005	162.59	24.7	13.7	20.3	91.2	51.3	68.6	0.8	259.3	32.2	0	5.39
27/06/2005	124.24	25.1	13.9	19.8	91.8	41.9	68.5	1.1	287.7	28.9	0	5.11
28/06/2005	65.03	26.1	12.2	20.4	90.6	39.5	66.3	1.1	292.3	32.1	0	5.6
29/06/2005	67.92	28.4	14.4	21.8	89.7	31	60.7	1.2	302.9	32	0	6.01
30/06/2005	71.27	31.8	16.4	23.9	71.3	26.7	52	1.2	307.1	31.9	0	6.53
01/07/2005	65.47	31.8	15.9	23.8	85.6	22.8	48.6	0.9	298.7	32.8	0	6.32
02/07/2005	59.15	31.3	15.6	24.2	94.4	35.4	65.1	0.6	234	31.4	0	5.85
03/07/2005	52.16	30.8	16.1	23.6	93.6	37.8	67.3	0.6	256.3	30.3	0	5.65
04/07/2005	64.86	29.8	16.7	22	92.7	32.6	68.2	0.9	278	31.7	0	5.93
05/07/2005	58.84	31.2	15.1	23.9	89.8	30.3	52.9	0.7	263.5	31.9	0	5.94
06/07/2005	54.12	28.9	18.6	23.6	94.5	54.5	77.5	0.7	208.2	30.5	0	5.66
07/07/2005	48.80	30.1	14.2	22.2	95	32.5	66.7	0.6	259.4	31.3	0	5.61
08/07/2005	29.60	27.6	14.6	22.4	95.2	62.3	79.2	0.7	208.6	30.1	0	5.35
09/07/2005	0	30.1	16.4	23.3	94.1	47.7	75.5	0.7	249.8	30.4	0	5.65
10/07/2005	0	31.3	16.6	24.3	93.6	38.3	70.2	0.7	244.2	29.9	0	5.72
11/07/2005	43.90	30.4	18.5	24.9	88.3	38.9	63.4	0.8	221.8	29.8	0	5.77
12/07/2005	11.66	29.8	16.7	23.5	94	39.1	69.5	0.6	258	30.3	0	5.57
13/07/2005	64.45	27.6	0	23.7	94.5	0	72.2	0.8	72.2	27.8	0	4.94
14/07/2005	63.10	28.5	15.1	22.3	95.2	49.8	77.4	0.6	183	29.8	0	5.33
15/07/2005	84.45	32.1	15.8	23.9	94.9	42.1	69.8	0.6	292.3	29.2	0	5.56
16/07/2005	64.09	32.1	16.4	24.2	80.6	19.1	54.3	0.8	285.8	29.9	0	5.83
17/07/2005	38.67	31.9	19	23.9	82.6	26.3	56.3	1	311.4	23.9	0	5.3
18/07/2005	78.13	35.8	17.6	24.8	72.5	12.5	46.5	1.1	323.1	31.5	0	6.91
19/07/2005	70.40	36.6	16	26.2	75.7	12	38.7	0.6	343.1	31.2	0	6.03
20/07/2005	80.73	36.5	17.8	26.9	86.5	23.4	54.3	0.6	216.4	29.3	0	5.95
21/07/2005	60.44	36.6	15.9	26	85.5	16.1	49	0.7	288.4	30.6	0	6.17
22/07/2005	59.98	28.9	17	22.1	93.2	36.3	69.6	1.1	274.5	30.6	0	5.76
23/07/2005	59.69	26.8	14.3	20.5	93.1	50.3	77.5	0.7	256.1	29.1	0	5.01
24/07/2005	41.15	29.6	14.2	22.1	93.8	35.4	68.5	0.9	294.3	29.8	0	5.52
25/07/2005	86.59	26.9	18.4	22.7	88.5	46.5	71.2	1.2	280.9	29.6	0	5.49
26/07/2005	87.07	25.8	14.9	21.2	94.2	61.8	79	0.9	244	29.5	0	5.05
27/07/2005	98.38	27.1	20	22.7	91.1	63.6	80.6	0.9	219.4	24	0	4.53

Q Caudal medio diario; T_{max} Temperatura máxima diaria; T_{min} Temperatura mínima diaria; T_{med} Temperatura media diaria; HR_{max} Humedad relativa máxima diaria; HR_{min} Humedad relativa mínima diaria; HR_{med} Humedad relativa media diaria; U Velocidad del viento diaria; DV Dirección del viento diaria; RS Radiación solar diaria; P Precipitación diaria; ET_o Evotranspiración potencial diaria.

Tabla 5(c). Caudal medio diario impulsado por la estación de bombeo del sector II de la CC.RR. “Palos de la Frontera” y datos climáticos correspondientes.

Fecha	Q (l/s)	T_{max} (°C)	T_{min} (°C)	T_{med} (°C)	HR_{max} (%)	HR_{min} (%)	HR_{med} (%)	U (m/s)	DV (°)	RS (MJ/m ² día)	P (mm)	ET _o (mm/día)
28/07/2005	97.89	26.5	16.4	22.1	94.4	49.9	74.1	0.9	266.6	28.9	0	5.13
29/07/2005	118.39	29	16.5	22.3	79.9	27.6	57	1.2	310.8	30.1	0	5.83
30/07/2005	126.48	29.8	16.3	22.4	85.9	27.1	51.1	1.1	301.7	30.9	0	5.9
31/07/2005	93.46	28.8	16.1	22.2	78.1	27.9	55.5	0.9	267.2	30.2	0	5.54
01/08/2005	157.62	27.2	12.2	20.2	91.7	36.9	64.6	0.6	254.1	29.2	0	4.9
02/08/2005	168.13	31	12.6	22.4	92.5	34.9	60.3	0.6	69	29	0	5.22
03/08/2005	180.73	35.5	16.6	25.9	80	28.5	52.3	0.7	89.5	28.5	0	5.76
04/08/2005	192.63	35.6	17.8	26.1	82.2	22	48.6	0.7	91.1	28	0	5.71
05/08/2005	240.64	34.6	16.8	24.3	83.1	19.1	54.4	0.6	56.5	20.5	0	4.47
06/08/2005	232.37	35	16	24.8	87	20.9	55.9	0.5	214	25.8	0	5.01
07/08/2005	218.63	34.8	18.6	25.8	92.4	23.6	56.9	0.5	239	25.5	0	5.05
08/08/2005	252.55	31.3	17.3	23.2	94	37.9	73.4	0.6	254.6	24.9	0	4.76
09/08/2005	233.92	26	17.4	22.2	90.9	55.4	75.3	1.1	238.7	25	0	4.57
10/08/2005	241.09	25.9	19.9	22.6	88.7	55.7	74.7	1.2	258.6	26.7	0	4.9
11/08/2005	164.68	27.7	17.4	21.8	92.6	44.9	71.7	0.8	291.1	27.4	0	4.91
12/08/2005	182.09	30.1	15.8	22.5	95	44.2	76.3	0.5	172.9	27	0	4.82
13/08/2005	169.15	33.4	16	25.3	92.5	27	58.4	0.7	6.7	27.8	0	5.37
14/08/2005	154.20	34.5	16.9	25.3	91.3	23.3	59.1	0.6	337.2	27.4	0	5.29
15/08/2005	152.20	31.1	15.8	23.5	91.4	35.1	70.5	0.5	231.3	26.1	0	4.74
16/08/2005	190.39	30.7	19	24.1	93.4	50.6	76.1	0.5	247.5	22.6	0	4.33
17/08/2005	309.40	28.4	15.2	21.8	94.2	54.4	77.5	0.6	283.6	25.1	0	4.44
18/08/2005	216.69	28.8	13	21.3	95	54.4	78.7	0.6	246.4	26.1	0	453
19/08/2005	189.23	30.4	14.6	20.6	94.4	34.3	71.1	0.3	320.2	10.8	0	2.4
20/08/2005	165.71	34	16.2	24.3	94.8	30.5	68.3	0.7	82.6	25.9	0.2	5.1
21/08/2005	137.51	28.4	18.4	23.3	95.2	61.2	82.8	0.7	205	23	0	4.25
22/08/2005	218.13	31.6	16.8	23.6	95.4	26.6	66.8	0.7	31.2	26.8	0.2	4.99
23/08/2005	193.27	34.2	15	24.6	92.6	13	46.8	0.7	329.4	27.2	0	5.16
24/08/2005	170.11	32.2	15.7	24.3	94.8	24.3	59.8	0.7	253.7	26.3	0	4.93
25/08/2005	152.02	33.8	16.1	23.3	94.3	11.6	52	0.6	298.3	27	0	4.94
26/08/2005	122.27	29.3	14	21.9	94.7	47.7	75.7	0.6	255.3	26.2	0	4.53
27/08/2005	110.27	32.6	16.6	23.5	88.2	15.7	57	0.8	297.1	26.7	0	5.1
28/08/2005	113.45	33.3	17.2	24.3	92.9	30	62	0.7	286	259	0	4.97
29/08/2005	158.36	33.2	17.6	24.6	95.2	36.6	72.4	0.6	196.7	25.1	0	4.77
30/08/2005	183.55	34.5	17.8	25.1	93	30.1	69	0.6	132.9	24	0	4.71
31/08/2005	231.02	30.9	19.1	24.1	91.8	39.7	67.1	0.7	297.4	23.8	0	4.52
01/09/2005	227.07	29.2	14.8	22.2	92.4	34.6	62.7	0.7	294.5	25.8	0	4.49
02/09/2005	234.23	31	14.8	22.8	95	46	76.1	0.6	222.5	24.4	0	4.38
03/09/2005	253.07	33.8	16.3	24.4	94.7	33.4	70.8	0.5	233.6	23.3	0	4.37
04/09/2005	239.42	31.8	14.8	23.7	93.9	31.2	61.8	0.6	268.3	23.4	0	4.28
05/09/2005	152.93	30	20.1	23.6	73	36.8	52.4	1.2	308.2	16.6	0	4.05
06/09/2005	67.17	25.4	17.6	21.1	88.1	47.4	68.4	1.5	289.5	17.5	0	3.64
07/09/2005	162.82	26.8	16.9	21.1	91.6	47.4	75.5	1.2	287.5	14.7	0.6	3.23
08/09/2005	198.45	28.1	13.7	21.2	85.7	31.8	63	0.7	278.3	23.8	0	4.05
09/09/2005	163.04	27.3	14.2	20.9	90.4	44.6	71.3	0.8	265.6	23.5	0	3.99
10/09/2005	158.63	27.8	14.8	20.6	86.7	27.9	61.8	1.1	310.8	23.8	0	4.37
11/09/2005	130.98	27	12.5	19.6	84.3	27.4	57.8	1	316.7	22.6	0	4.04
12/09/2005	133.25	27.4	14.7	20.7	86.2	36.3	61.2	0.8	295.2	23.3	0	3.97
13/09/2005	167.89	29.8	13	21.2	90.6	29.8	62.9	0.7	99	23.8	0	4.07
14/09/2005	164.88	32.5	14.7	22.4	91.6	22.8	62.5	0.8	67	23.2	0	4.39
15/09/2005	163.28	30.8	16.4	22.4	93.6	29.9	66	0.6	148.2	17.9	0	3.45
16/09/2005	154.46	26.3	16.5	21.1	95.2	56.5	83.3	0.5	191.6	20.1	0	3.32

Q Caudal medio diario; T_{max} Temperatura máxima diaria; T_{min} Temperatura mínima diaria; T_{med} Temperatura media diaria; HR_{max} Humedad relativa máxima diaria; HR_{min} Humedad relativa mínima diaria; HR_{med} Humedad relativa media diaria; U Velocidad del viento diaria; DV Dirección del viento diaria; RS Radiación solar diaria; P Precipitación diaria; ET_o Evotranspiración potencial diaria.

Tabla 5(d). Caudal medio diario impulsado por la estación de bombeo del sector II de la CC.RR. “Palos de la Frontera” y datos climáticos correspondientes.

Fecha	Q (l/s)	T_{max} (°C)	T_{min} (°C)	T_{med} (°C)	HR_{max} (%)	HR_{min} (%)	HR_{med} (%)	U (m/s)	DV (°)	RS (MJ/m ² día)	P (mm)	ET _o (mm/día)
17/09/2005	138.61	23.5	16	19.4	94	56.5	74.6	1	276.6	15	0	2.74
18/09/2005	120.17	27.9	10.8	19	92.9	28.8	67.4	0.6	46.5	23.3	0	3.63
19/09/2005	111.48	28.6	12.1	19.4	90.7	15.9	52.1	0.7	26.9	23.8	0	3.83
20/09/2005	98.88	27.3	8.8	18.4	93.2	35.7	64.5	0.6	325	23.1	0	3.5
21/09/2005	113.78	27.7	8.9	18.5	94.2	28.2	66.3	0.4	220.1	22.6	0	3.25
22/09/2005	107.64	27.1	11	19.2	95.1	27.9	68.3	0.3	186.9	13.4	0	2.29
23/09/2005	90.80	26.1	11.2	19.1	93.1	57.3	78.1	0.5	158.1	21.2	0	3.18
24/09/2005	100.92	26.7	11.6	19.1	95.4	48.8	77.3	0.6	310.2	19.7	0	3.1
25/09/2005	73.36	26.3	14.1	18.9	93.6	33.5	69.9	0.8	314.5	21.6	0	3.47
26/09/2005	115.83	28.1	11.4	19.7	94.6	38	74.6	0.5	144.4	21.7	0	3.29
27/09/2005	108.73	28.8	14	20.8	95.2	38.9	73.1	0.5	268.9	18.2	0.2	3.02
28/09/2005	137.40	29	13.6	20.7	93.5	34.6	67.4	0.5	324.8	20.7	0	3.25
29/09/2005	123.91	31.8	13	21.8	93.6	27.5	66.2	0.4	29.4	20.3	0	3.21
30/09/2005	115.77	33.2	14.7	22.3	93.1	23.1	65.4	0.6	113.5	20.2	0	3.57
01/10/2005	132.96	27.1	14	20.2	94.5	41.2	78.5	0.4	234.9	19.9	0	2.95
02/10/2005	131.93	26.7	11.8	18.8	95.3	51	84.9	0.5	124.3	18	0.2	2.74
03/10/2005	169.39	29.8	12.9	20.3	95.4	27.1	68.2	0.5	59.1	18	0	2.92
04/10/2005	183.45	27.3	11.8	18.9	94.6	38	66	0.5	75.5	20.2	0	2.94
05/10/2005	192.07	27.4	10.8	18.2	95.2	39.1	73.6	0.4	39.5	20.3	0	2.82
06/10/2005	187.62	28.2	9.5	18.3	95.1	29.4	71.7	0.4	91.9	19.4	0.2	2.71
07/10/2005	205.36	27.7	15	20.8	94.2	36.5	66.5	0.7	150.6	17	0	2.87
08/10/2005	234.14	28.1	14.6	20.7	91.8	31.1	63.9	0.5	110.6	17.3	0	2.71
09/10/2005	44.34	21.3	16.9	18.8	94.6	61.4	85.1	0.6	98.9	5.6	9.2	1.35
10/10/2005	32.07	23.8	15.5	19.8	93.9	70.8	84.5	1.2	121.9	8.8	6.8	1.81
11/10/2005	11.49	23.6	18.2	20.5	95.5	76.2	87.2	2	225	8.9	35.4	1.88
12/10/2005	14.88	23.4	14	18.8	95	75.3	87	0.9	255.4	11.4	2.8	1.88
13/10/2005	80.49	21	9.8	15.2	94.8	36.4	67.8	0.7	330.5	17.7	0.2	2.32
14/10/2005	185.67	21.4	8.1	14.3	92.9	41.5	72.7	0.4	325.7	18.3	0	2.11
15/10/2005	214.71	21.9	10.2	15	94.3	54.4	80.7	0.6	95.1	17.7	0	2.2
16/10/2005	200.95	24.4	11.4	17.4	94.8	47.8	79.7	0.5	75.9	12.8	0.2	1.95
17/10/2005	91.30	21.2	16.2	18	95.3	65.2	87.4	0.6	184.8	8.1	9.6	1.48
18/10/2005	157.51	22.2	12.8	17.2	95.8	61.2	85.4	0.4	272	15.2	0.2	1.98
19/10/2005	228.12	22.3	11.9	15.6	96	51.2	83.8	0.4	330.2	15.6	0	1.95
20/10/2005	173.15	21.8	11.6	17.3	94.5	76.1	86.5	0.8	172.8	7	0.6	1.32
21/10/2005	245.50	22	10.4	17.3	95.1	55.8	78.2	0.4	212.2	14.5	0	1.84
22/10/2005	146.42	21	14.7	19	93.9	77.5	85.4	0.8	219.9	5.6	3.2	1.2
23/10/2005	147.69	23.7	12	16.6	95.5	48	79.7	0.4	346	16.9	0.2	2.03
24/10/2005	322.75	24.6	10.7	16.4	94.2	36.7	76.3	0.4	45.1	16.9	0	2
25/10/2005	309.67	25.2	11.4	16.8	94.2	46.3	77.6	0.4	72.7	16.7	0.2	2.03
26/10/2005	293.73	24.9	10.9	18.1	94.2	49.5	73.2	1.4	120.3	16.4	0.2	2.58
27/10/2005	190.97	23.4	18.1	20	89.5	65.2	78.9	1.4	171.1	6.9	1.4	1.72
28/10/2005	83.41	22.3	14.9	18.7	95.2	78.7	90.2	0.6	172.3	4.8	3.4	1.06
29/10/2005	168.99	22.8	13.7	17.9	95.8	70.6	91	0.5	129.5	11.9	0.4	1.62
30/10/2005	47.40	20.8	17.3	19	95.2	84.1	91.5	1.1	198.9	2.9	17.8	0.91
31/10/2005	121.31	21	12.4	16.6	95.2	62.4	80.5	0.5	283.1	14	0	1.65
01/11/2005	121.31	24.1	11.5	15.7	95	47.5	82	0.3	49.9	13.6	0	1.58
02/11/2005	172.14	22.9	10.4	15.5	94.3	46.7	77.9	0.4	74.2	14.6	0.2	1.63
03/11/2005	170.36	21.8	10.2	15.8	95.7	63.3	86.2	0.5	348.5	11.5	1	1.45
04/11/2005	127.32	20.1	9.3	14.3	92.7	38.7	71.1	0.7	341.1	14.5	0	1.67
05/11/2005	200.25	20.4	6.1	11.7	89.4	32.1	68.8	0.5	36.3	12.2	0	1.43
06/11/2005	177.34	22.3	6.6	13.3	85.9	29.5	60.5	0.7	50.9	14.9	0	1.78

Q Caudal medio diario; T_{max} Temperatura máxima diaria; T_{min} Temperatura mínima diaria; T_{med} Temperatura media diaria; HR_{max} Humedad relativa máxima diaria; HR_{min} Humedad relativa mínima diaria; HR_{med} Humedad relativa media diaria; U Velocidad del viento diaria; DV Dirección del viento diaria; RS Radiación solar diaria; P Precipitación diaria; ET_o Evotranspiración potencial diaria.

Tabla 5(e). Caudal medio diario impulsado por la estación de bombeo del sector II de la CC.RR. "Palos de la Frontera" y datos climáticos correspondientes.

Fecha	Q (l/s)	T_{max} (°C)	T_{min} (°C)	T_{med} (°C)	HR_{max} (%)	HR_{min} (%)	HR_{med} (%)	U (m/s)	DV (°)	RS (MJ/m ² día)	P (mm)	ET _o (mm/día)
07/11/2005	177.69	22.9	7.6	13.4	92.9	39.1	68.6	0.5	57.4	13.9	0	1.55
08/11/2005	155.42	21.9	8.1	14.8	94.5	54	78.9	0.6	18.3	11.6	0	1.44
09/11/2005	222.06	18.9	8.1	12.9	91.8	33.3	62	0.7	354.1	14.3	0	1.53
10/11/2005	185.31	20.9	3.9	11.7	89.6	27.2	60.2	0.5	32.2	14.3	0	1.4
11/11/2005	189.55	19.8	5.4	11.2	88.4	36.7	68.1	0.5	41.4	13.3	0	1.32
12/11/2005	181.84	18.3	4.4	12	92.1	48.1	74.2	0.7	322.1	13	0.2	1.33
13/11/2005	153.12	15.2	6.8	10	93.7	42.4	73.2	1	339.3	12.6	9.6	1.38
14/11/2005	38.05	10.2	6.9	8.4	94.2	88	92.8	0.9	44.9	2.5	15.8	0.6
15/11/2005	61.69	16	3.5	9.7	95.4	63	85.9	0.3	338.5	8.8	0.2	0.87
16/11/2005	132.36	18.8	6.8	11.6	94.8	56.4	84.2	0.3	332.5	12.7	0	1.06
17/11/2005	96.68	19.3	8.3	12.8	95.8	65.9	88	0.5	94.6	8.8	0.2	1.03
18/11/2005	99.24	20	10.7	14.4	95.3	68	88.9	0.8	122.4	10	3.8	1.21
19/11/2005	56.81	16.2	13	14.9	93.4	71.5	86.9	1.6	139.6	1.7	7.6	0.98
20/11/2005	48.93	19.2	11.9	15.4	92.4	60.8	75.8	1	119.4	4.1	2.2	1.12
21/11/2005	74.91	20.1	11.2	15.1	92.6	69.2	81.3	1	111.2	6.3	0.2	1.12
22/11/2005	74.98	18.4	11.6	14.4	94.2	72.1	84.9	0.7	96.4	5	0	0.91
23/11/2005	98.54	21.4	9.7	14.2	94.6	52.6	81.6	0.4	50.4	10.3	0	1.08
24/11/2005	135.01	19.5	5.9	11.3	93.3	30.3	68.5	0.5	39.8	12.5	0.2	1.11
25/11/2005	118.54	15	1.8	9.3	91.2	47.3	72.8	0.9	320.4	11.9	0.4	1.11
26/11/2005	140.59	14.9	4.7	10.3	88.7	43.1	69.8	1.1	307	10.8	0	1.23
27/11/2005	95.64	14.5	-0.7	7.3	95.3	54.8	81.8	0.3	320.4	11.2	2.4	0.74
28/11/2005	127.93	15.7	3.5	8.5	95.1	59.4	87	0.4	71.2	8.8	0	0.79
29/11/2005	121.04	17.4	4.8	9.9	93.1	39.6	72.4	0.8	45.9	11.6	0.2	1.17
30/11/2005	163.51	15.4	1.5	6.9	93.6	28.5	68.8	0.6	46.2	11.8	0	0.98
01/12/2005	133.94	16.5	3.6	10.8	87.2	44.4	69.5	0.9	152.9	10.2	1.4	1.14
02/12/2005	87.03	18.2	14.7	16.2	91.4	76.2	84.1	2	251.4	6.5	3	1.18
03/12/2005	191.71	19.4	12.3	15.5	93.5	60.7	84.6	0.6	256.9	8.3	0	1
04/12/2005	90.75	18.7	11.1	14.8	95	72.6	89.8	0.3	260.5	6.4	0	0.78
05/12/2005	161.36	17.9	11.5	14.8	94.8	80.7	90	0.5	297.6	4.4	0.4	0.73
06/12/2005	117.76	16.9	4.3	10.6	93.5	42.1	74.1	0.3	10	11.4	0	0.74
07/12/2005	165.45	18.3	3.1	9.2	94.1	51.5	81.3	0.4	43	11	0	0.82
08/12/2005	113.54	18.8	4.2	10.7	94.4	48.8	79.9	0.4	43.3	10.5	0.2	0.84
09/12/2005	186.39	20.9	6.5	12.7	91	36	65	0.8	49.9	11.1	0	1.27
10/12/2005	168.13	17.7	5.3	11.2	90.5	45.7	61.1	1	57.9	11.1	0	1.18
11/12/2005	111.66	17.3	0.9	8.7	85.6	34.1	63	0.7	52.9	11.4	0	1.03
12/12/2005	171.18	16.5	0.3	7.2	92.3	46.7	71.9	0.5	61.7	10.4	0	0.81
13/12/2005	195.15	15.7	0.2	6.5	90.7	32.8	66.5	0.6	48	10.7	0	0.9
14/12/2005	148.86	13.7	2.8	7.7	82.7	45.7	67	0.7	50	8.4	0	0.88
15/12/2005	194.66	17.3	2.9	8.9	92.8	41.1	64.8	0.6	56.2	9.9	0	0.92
16/12/2005	277.92	17	3.2	8.4	91.8	44.9	71.1	0.6	53.3	10.5	0	0.9
17/12/2005	328.47	15.4	0.5	6	95.1	38.5	77	0.3	355.9	10.9	0	0.63
18/12/2005	121.56	17.9	1.7	8.6	93.6	35.1	68.1	0.7	65.7	10.4	0	1.04
19/12/2005	163.33	13.4	6.1	9.4	82.1	60.8	70.1	0.8	54.3	4.9	0	0.85
20/12/2005	146.03	17.8	6.7	11.6	88.1	48	69.8	0.7	59.5	9.9	0	0.98
21/12/2005	178.04	17.6	8.3	12	70.6	41.6	57.8	1.1	57.1	9.4	0	1.36
22/12/2005	192.17	17.7	8.3	11.7	69.2	40.2	53.8	1.1	72.5	8	0	1.41
23/12/2005	185.79	15.6	8.1	11.3	84.5	54.3	69.5	0.7	78.4	4.1	0.2	0.91
24/12/2005	175.68	17.1	10.3	12.6	93.3	63.9	79.8	0.8	116.6	5.1	1	0.89
25/12/2005	36.67	13.5	10	11.7	94.4	79.7	91.1	0.8	98.7	2.5	6.6	0.66
26/12/2005	126.84	18.7	9.5	14.6	95.5	78.4	88.8	0.9	229.3	8.7	1.2	0.89
27/12/2005	181.54	16.5	4.9	10.4	95.6	65.2	85.6	0.5	283.3	9.7	0	0.77

Q Caudal medio diario; T_{max} Temperatura máxima diaria; T_{min} Temperatura mínima diaria; T_{med} Temperatura media diaria; HR_{max} Humedad relativa máxima diaria; HR_{min} Humedad relativa mínima diaria; HR_{med} Humedad relativa media diaria; U Velocidad del viento diaria; DV Dirección del viento diaria; RS Radiación solar diaria; P Precipitación diaria; ET_o Evotranspiración potencial diaria.

Tabla 5(f). Caudal medio diario impulsado por la estación de bombeo del sector II de la CC.RR. “Palos de la Frontera” y datos climáticos correspondientes.

Fecha	Q (l/s)	T_{max} (°C)	T_{min} (°C)	T_{med} (°C)	HR_{max} (%)	HR_{min} (%)	HR_{med} (%)	U (m/s)	DV (°)	RS (MJ/m ² día)	P (mm)	ET _o (mm/día)
28/12/2005	169.63	16.3	6.4	10.1	95.2	64.9	86.3	0.5	40.2	6	0.2	0.74
29/12/2005	156.14	15.4	3.4	9.1	93.5	49.8	79.7	0.5	331.8	10.6	0.2	0.78
30/12/2005	204.00	17.4	5.4	11.7	95.2	65.7	87	0.4	306.4	7.6	0	0.75
31/12/2005	156.23	15.8	7.9	12.2	94.3	72.4	86	0.5	294.9	4.8	0	0.71
01/01/2006	42.92	17.2	5.9	11.3	94	53.1	77.6	0.6	326	10.4	0	0.9
02/01/2006	160.85	16.6	3.5	9.1	94.3	41.2	77.8	0.4	358.2	11.1	0.2	0.78
03/01/2006	193.19	16.5	1.5	7.8	94.9	39.6	76.7	0.4	43.5	11.2	0	0.78
04/01/2006	195.38	15.8	0.5	6.9	94.7	38.9	75.2	0.4	37	11.3	0	0.77
05/01/2006	188.91	14.5	0.4	6.8	94.2	51.3	81.4	0.3	38.9	11.1	0.2	0.67
06/01/2006	39.75	14.3	5.7	9.3	95.3	61.2	87.4	0.5	316.5	7.4	8.8	0.76
07/01/2006	191.11	14.3	1.5	7.4	95.7	57.4	85.6	0.3	15.8	10.9	0	0.69
08/01/2006	125.90	15.3	2	7	95.7	49.7	83.6	0.5	75	11.3	0.2	0.83
09/01/2006	181.50	17.2	1.4	7.7	95.7	39.3	80.2	0.4	32.1	12	0.2	0.85
10/01/2006	168.42	15.7	1.9	7.1	95.1	49.1	81.8	0.4	30.2	9.3	0	0.79
11/01/2006	221.47	17.6	3.1	9.4	89.7	43.7	71.4	0.7	57.6	11.5	0	1.1
12/01/2006	177.02	15.8	3.5	8.8	92.7	53.7	79	0.7	53.6	8.9	0	0.96
13/01/2006	147.82	14.8	4.9	8.4	94.9	59.2	85.6	0.8	64.4	6.2	2	0.91
14/01/2006	135.55	13.6	2.5	7.8	95.9	62.8	88.1	0.4	11.2	6.2	1.2	0.71
15/01/2006	112.28	12.9	0.5	7.2	95.7	72.2	91.3	0.7	108.1	2.7	10.6	0.68
16/01/2006	111.44	13.7	2.1	7	96.2	59.2	88.1	0.4	8.4	11.2	1.8	0.8
17/01/2006	179.30	16.6	1.5	7.6	95.6	50.4	82.4	0.4	38.2	11.4	0	0.9
18/01/2006	152.66	15	3.1	8.3	95.6	60	85.4	0.3	34	9.7	0.2	0.8
19/01/2006	192.21	17.6	5.1	10.2	94.9	54.9	83.9	0.3	0.1	11.1	0	0.92
20/01/2006	177.93	19	4.3	10.2	95.4	48.8	83.8	0.4	68.4	12.3	0	1.05
21/01/2006	190.83	18.3	2.9	9.7	95.8	56.3	84.8	0.4	68.9	10.1	0.2	0.97
22/01/2006	133.89	18	4.6	10.3	95.4	51.3	84.4	0.4	39.4	10.4	0	1
23/01/2006	179.85	18.1	4.1	10.4	94.4	54.7	80.3	0.5	57.3	10.1	0	1.06
24/01/2006	158.74	14.7	5.7	9.8	93.6	60.8	79.7	0.7	63.5	6.6	0	0.95
25/01/2006	147.82	15.6	7.8	10.6	91.1	53.6	74.7	0.9	88.1	7.9	1.4	1.16
26/01/2006	115.23	12.5	8.6	10.4	94.4	78.8	89.9	1	93.4	3	8.8	0.75
27/01/2006	50.52	12	0	9.7	95.9	0	95.5	1.5	95.5	0.7	70.4	1.76
28/01/2006	122.38	11.5	-0.8	5.5	94.6	27.5	63.8	1	0.4	14	0.6	1.31
29/01/2006	121.62	10.9	2.4	6.1	95.4	45	80	1.3	343	8.3	24.4	1.2
30/01/2006	117.83	13.2	1.5	6.7	94.7	36.3	73.4	0.9	353.8	14.1	3.2	1.32
31/01/2006	171.54	15.1	-0.9	5.7	95.2	34.1	77.8	0.3	359.7	14.1	0	1.01
01/02/2006	168.68	17.7	1.4	8.2	95	44.2	78.1	0.6	56.6	14	0	1.33
02/02/2006	161.09	16.4	3.3	10.3	95	59.6	85.2	0.8	121.9	12.2	0.6	1.29
03/02/2006	124.81	15.9	5.7	10.3	94.9	56.1	85.4	0.5	291.9	11.5	9	1.18
04/02/2006	139.17	15.4	2.7	8	95.8	63.2	87.3	0.5	347.4	12.1	0	1.13
05/02/2006	120.70	14.7	0.4	7	96.4	61	87.6	0.4	15.5	11.2	0.2	1.04
06/02/2006	170.94	17.3	3.5	9.2	92.7	44.3	72.6	0.7	62.3	14	0	1.48
07/02/2006	101.78	18.4	4.9	9.6	93.6	41.3	77	0.6	60.9	14.5	0	1.51
08/02/2006	182.37	19.1	3.5	10.4	94	36.5	74.8	0.5	58.2	14.8	0	1.51
09/02/2006	193.02	18.2	6.9	11.4	90.5	40.4	66.7	0.8	58.8	7.4	0.2	1.44
10/02/2006	187.66	20.3	7	12.5	92.7	41.2	75	0.5	70.3	12.9	0.4	1.54
11/02/2006	216.85	21.6	5.5	12.5	94.8	48.4	80.7	0.4	67.9	14.9	0	1.61
12/02/2006	133.98	19.5	6	12	95.9	60.8	86.6	0.3	43.8	10.8	0.2	1.28
13/02/2006	202.64	18.9	5.2	11.3	95.9	61.3	86.4	0.4	320.5	14.1	0.2	1.48
14/02/2006	202.19	18.1	6.1	10.9	95.2	60.4	86.7	0.4	15.3	11.1	0.2	1.31
15/02/2006	212.11	16.3	4.3	9.7	95.8	72.1	90.3	0.4	315	12.5	0	1.3
16/02/2006	181.58	16	4.1	11	95.7	73.1	88.5	0.9	276	7.7	0.2	1.15

Q Caudal medio diario; T_{max} Temperatura máxima diaria; T_{min} Temperatura mínima diaria; T_{med} Temperatura media diaria; HR_{max} Humedad relativa máxima diaria; HR_{min} Humedad relativa mínima diaria; HR_{med} Humedad relativa media diaria; U Velocidad del viento diaria; DV Dirección del viento diaria; RS Radiación solar diaria; P Precipitación diaria; ET_o Evotranspiración potencial diaria.

Tabla 5(g). Caudal medio diario impulsado por la estación de bombeo del sector II de la CC.RR. "Palos de la Frontera" y datos climáticos correspondientes.

Fecha	Q (l/s)	T_{max} (°C)	T_{min} (°C)	T_{med} (°C)	HR_{max} (%)	HR_{min} (%)	HR_{med} (%)	U (m/s)	DV (°)	RS (MJ/m ² día)	P (mm)	ET _o (mm/día)
17/02/2006	197.29	17.2	2.7	10.4	95.7	53.4	81	0.5	292.6	12.8	0	1.45
18/02/2006	187.23	17.3	4	12.9	95.4	68.2	82.7	1.4	251.4	14.9	1.2	1.78
19/02/2006	32.33	15.1	6.9	11.1	93	43.6	71.4	1.8	290.5	15.9	12	2.14
20/02/2006	305.00	14.1	5.5	9.1	92.7	53.5	75.2	1.3	295.9	11.3	0.2	1.6
21/02/2006	212.89	15	3.8	8.7	94.5	46	75.4	0.9	296.6	14.3	6.8	1.69
22/02/2006	214.61	14.1	3.2	8	94.9	32.6	70.1	0.7	330.7	16.6	0.2	1.74
23/02/2006	167.39	9.9	0.6	5.6	91.9	60.9	79.3	0.6	54.6	4.9	1	0.89
24/02/2006	218.35	14.7	-0.7	6.8	94.3	33.1	69.6	0.7	319.6	16.8	0	1.77
25/02/2006	141.07	13.1	1.3	8.2	95.4	80.9	92.7	0.9	130	3.2	18.6	0.78
26/02/2006	135.45	15.1	6.2	10.7	90.4	41	67.5	1.9	301.2	16.6	0	2.36
27/02/2006	220.38	15.2	2.7	8.1	94.2	40.3	76.2	0.6	320.2	18.6	0	1.88
28/02/2006	182.09	15.1	4.2	9.5	93.7	49.4	73.9	0.7	49.7	9.2	0	1.42
01/03/2006	232.00	17.1	5	11.4	93.1	48.2	78.2	0.6	261.1	17.6	0	2
02/03/2006	265.72	16.9	1.9	9.3	94.9	37.7	74	0.5	315.1	18.6	0.2	1.97
03/03/2006	212.57	16.3	5.1	11.3	93.1	55.8	78.6	0.8	236.1	11.2	0	1.63
04/03/2006	173.37	15.6	9.9	13.3	95	74.6	84.1	2	233	4.8	18.2	1.24
05/03/2006	162.38	14.5	5.7	9.6	85.7	31.5	58	1.5	321.2	19	0	2.52
06/03/2006	238.56	16.9	1.9	9.4	92.5	29.3	69.9	0.8	330.4	20	0	2.33
07/03/2006	281.58	18	5.3	11.8	93.2	57.9	80.3	0.8	328.5	19.7	0	2.32
08/03/2006	303.11	19.4	7.1	12.7	95.4	57.3	82.6	0.6	313.9	19.7	0.2	2.37
09/03/2006	275.81	19.7	7.6	13.6	95.6	49.4	76.8	1	322.3	15.2	0	2.28
10/03/2006	305.05	18.7	3.3	11.6	94.4	34.5	67.4	0.8	332.5	19.8	0	2.51
11/03/2006	315.88	21.4	5.7	12.4	93.1	41.3	71.8	0.7	345.9	21.3	0	2.72
12/03/2006	299.22	26	7.9	16.1	93.4	27.6	64.2	0.8	51.1	20.6	0	3.21
13/03/2006	428.77	24.5	7.3	14.3	93.6	28.4	69.5	0.7	58.7	21.7	0	3.07
14/03/2006	396.96	21.7	5	12.6	94.6	43.2	76.9	0.5	98.6	21	0.2	2.63
15/03/2006	234.79	18.1	4.3	12	95.8	61.6	83.2	0.6	158.5	13.6	0	1.89
16/03/2006	286.49	18.1	8.8	13.3	94.8	57.6	78.9	0.5	143.4	14.1	0	1.99
17/03/2006	177.43	14.5	8.7	12.3	95.9	81.3	94.2	1.2	143.8	2.6	27	0.88
18/03/2006	136.77	17.5	12.6	14.7	95.5	75.8	89	1.6	203.8	12.6	14.6	1.94
19/03/2006	161.56	17.2	11.6	14.1	93.1	68	83.1	1.2	218.7	13.4	4.2	2.06
20/03/2006	193.17	18	10	14.1	95.3	68.1	84.7	1	223.7	17.5	5	2.4
21/03/2006	261.90	17.5	9.6	13.1	95.2	66.9	84.6	0.7	270.9	16.4	0.4	2.23
22/03/2006	241.61	17.4	6.7	12.9	95.4	60	80.4	1	265.3	17.9	0.2	2.43
23/03/2006	229.10	18.2	13.3	15.3	93.9	69.1	83.4	1.7	207.1	14.5	2	2.32
24/03/2006	242.37	19	13.8	16	95	75.1	88.3	1.4	242.7	19.4	2.6	2.73
25/03/2006	249.03	21.1	10.6	15	95.5	60.6	83.5	0.5	49.9	19	0	2.69
26/03/2006	269.44	22.9	10.8	16.2	94.8	46.5	77.7	0.8	143.8	20.8	0	3.17
27/03/2006	288.22	20.5	11.8	15.8	94.7	64.8	85.2	0.6	295.6	14.7	0	2.31
28/03/2006	189.12	20.9	6.8	13.9	94.9	33.7	71.8	0.8	326.8	24.1	0.2	3.33
29/03/2006	266.72	20.6	6.1	13.7	93.1	37.6	72.3	0.6	337.1	22.3	0	3.04
30/03/2006	272.69	24.6	0	17.6	91.6	0	60.9	0.5	60.9	15.1	0	2.66
31/03/2006	248.59	23.6	8.8	15.3	94.7	40.7	75.8	0.4	306.6	20.6	0	2.99
01/04/2006	207.02	22.4	11.6	15.7	95.1	53.3	81.5	0.7	314.6	18.6	0	2.91
02/04/2006	226.60	25.8	8.9	17.1	93.9	31.2	65	0.6	42.5	20.2	0	3.31
03/04/2006	248.97	29.4	14.3	20.9	62.5	25.9	45.7	1.1	103.2	21.6	0	4.45
04/04/2006	287.30	20.8	8.7	15.5	94.5	62.5	78.2	1.3	219	22.7	0	3.31
05/04/2006	257.26	19.9	14.5	16.3	91.7	67	82.1	1.8	215.2	18.4	1.2	2.98
06/04/2006	242.71	19.7	14.2	16.4	84.8	59.8	75	1.7	249.1	20.4	0	3.34
07/04/2006	242.78	21	9.5	15.3	94	49.7	78.2	0.6	268.1	18	0	2.8
08/04/2006	216.80	24.1	8.1	15.3	94.5	38.3	72.4	0.7	73.3	25	0	3.74

Q Caudal medio diario; T_{max} Temperatura máxima diaria; T_{min} Temperatura mínima diaria; T_{med} Temperatura media diaria; HR_{max} Humedad relativa máxima diaria; HR_{min} Humedad relativa mínima diaria; HR_{med} Humedad relativa media diaria; U Velocidad del viento diaria; DV Dirección del viento diaria; RS Radiación solar diaria; P Precipitación diaria; ET_o Evotranspiración potencial diaria.

Tabla 5(h). Caudal medio diario impulsado por la estación de bombeo del sector II de la CC.RR. “Palos de la Frontera” y datos climáticos correspondientes.

Fecha	Q (l/s)	T_{max} (°C)	T_{min} (°C)	T_{med} (°C)	HR_{max} (%)	HR_{min} (%)	HR_{med} (%)	U (m/s)	DV (°)	RS (MJ/m ² día)	P (mm)	ET _o (mm/día)
09/04/2006	231.68	20.7	8.1	14.5	95.1	50.1	79.9	0.6	196.1	18	0	2.76
10/04/2006	298.34	25.3	8.9	15.9	95.7	44.4	79.4	0.6	351.7	22.1	0	3.48
11/04/2006	256.42	21.8	7.3	15.6	95.5	61.6	83	0.9	205.6	23.4	0	3.44
12/04/2006	213.13	21.5	9.7	16.1	95.3	62.3	83.1	0.6	203	22.7	0.2	3.35
13/04/2006	167.67	26	8.3	16.9	95.4	33.3	71.6	0.7	91.6	25.9	0	4.09
14/04/2006	163.89	20.2	13.5	16.4	94.7	54.9	80.6	1.1	148.6	8.8	12.8	2.05
15/04/2006	212.99	20.7	11.6	16.8	95.1	49.1	78	0.9	244.4	26.3	0	3.91
16/04/2006	227.38	22.3	11.2	15.6	92.6	38	72.2	1.1	312.7	22.3	0	3.72
17/04/2006	248.18	20.8	7.5	14.1	94.2	36.6	67.2	0.9	324.5	21.1	0	3.34
18/04/2006	286.39	23.6	8.4	16.2	92.5	31.7	65.2	0.7	30.8	22.2	0	3.6
19/04/2006	275.36	24.1	9.9	16.6	92.7	31.6	67.3	0.9	314.2	26.4	0	4.24
20/04/2006	215.68	23.3	10.9	16.1	89.8	41.3	73.6	1.1	311.5	26.2	0	4.21
21/04/2006	187.07	19.4	8.6	14.5	95.2	61.8	80.6	0.8	270.9	12.5	0.6	2.21
22/04/2006	102.21	18.4	4.7	12.5	94.2	52.7	78.5	0.7	128.9	13.9	0	2.3
23/04/2006	111.67	18	10.3	13.7	95.5	78.4	89.9	0.6	11.8	5.8	18.8	1.28
24/04/2006	208.18	20.7	13	16.5	95.9	65	86.3	0.8	248	23.8	0	3.62
25/04/2006	315.25	24.2	11.7	17.3	95.9	48.8	85	0.8	185.8	24.2	0.2	3.95
26/04/2006	268.07	21.6	13.5	16.8	95.8	69.1	88.6	0.5	232.6	14	0	2.44
27/04/2006	268.07	22.1	12.4	17.4	95.6	68	86.1	0.5	227.2	25	0	3.85
28/04/2006	255.64	20.8	11.1	16	94.9	62.4	82.6	0.6	223.3	26.5	0	3.9
29/04/2006	150.69	21.6	11.8	16.4	95.1	60.5	82.6	0.5	178.7	19	0	3.07
30/04/2006	153.41	22.9	9.1	16.3	95.9	54.1	83.5	0.6	251.7	24.6	0	3.8
01/05/2006	175.54	23	10.3	16.5	95.7	55.7	79.6	0.6	211.9	27.1	0.2	4.12
02/05/2006	230.56	22.9	10.5	17.4	95.5	54.3	78.1	0.8	243.5	23.8	0	3.85
03/05/2006	305.37	20.1	13.1	16.7	88.5	59.7	73.6	1.1	276.8	15.8	0	2.87
04/05/2006	327.68	21.5	12.3	16.7	90.5	55.8	69.8	1.1	288	22.9	0	3.75
05/05/2006	347.14	25	9.3	16.5	92.4	26.9	69	0.9	307.7	28.5	0	4.68
06/05/2006	326.93	24.7	9.5	17.5	90.3	40.3	65.7	0.7	307.7	26.5	0	4.31
07/05/2006	317.13	25.6	10.2	17.5	89	31.3	61.5	0.8	311.8	27.4	0	4.58
08/05/2006	309.13	25.7	10.5	17.5	82	22.4	53.2	0.8	333.1	27.5	0	4.66
09/05/2006	318.48	29.8	9.1	20.3	83.2	23.1	49.5	0.7	254.8	28.5	0	5.04
10/05/2006	283.75	27.4	12	19.3	93.6	41.3	73.5	0.7	230.6	25.4	0	4.47
11/05/2006	268.18	26.75	12.55	19.4	94.65	44.25	73.2	0.7	266.3	25.45	0	4.44
12/05/2006	255.57	26.1	13.1	19.5	95.7	47.2	72.9	0.7	302	25.5	0	4.41
13/05/2006	249.23	26.9	11.7	19.6	89.8	45.1	68.9	0.6	211.8	27.1	0	4.61
14/05/2006	252.98	26.9	12.8	20.2	95.1	49.4	75.5	0.6	235.6	25.4	0	4.43
15/05/2006	282.33	27.3	10.6	19.4	94.1	44.2	70.8	0.6	246.4	24.4	0	4.28
16/05/2006	298.55	31.7	16.3	22.6	92.9	36.1	69	0.4	236.3	24.2	0	4.55
17/05/2006	246.62	33.8	16.2	24.2	94	31.4	64.6	0.6	274.4	25.9	0	5.18
18/05/2006	218.65	29.7	19.1	23.8	77.3	23.8	48.4	1.1	335.6	17.6	0	4.42
19/05/2006	203.97	32.5	13.1	21.5	76.7	13.1	47.3	1.1	325.1	29.6	0	6.16
20/05/2006	238.10	31.8	13.6	22	78.3	12.8	44.7	0.8	341.4	26.4	0	5.29
21/05/2006	187.43	30.3	13.7	21	79.5	23.8	55.3	1.1	311.4	26.7	0	5.49
22/05/2006	241.28	26.2	14.3	18.6	81.8	24.5	57	1.1	313.7	25.9	0	4.96
23/05/2006	229.41	26.9	11.2	19.2	63.1	13.2	34.5	1.2	341.2	31.1	0	5.75
24/05/2006	271.39	27.4	11.4	19.8	87.3	19.9	48.2	0.9	271	30.1	0	5.35
25/05/2006	346.97	28.6	10.6	19.5	93.4	27.4	63.5	0.7	306.7	26.4	0	4.78
26/05/2006	348.53	29.1	10.8	20.6	90.7	29.4	56	0.9	76.2	25.7	0	4.95
27/05/2006	315.55	31.5	15.5	23.2	74.6	22.4	48.7	1	91.1	25.9	0	5.5
28/05/2006	224.96	31	17.4	23.8	81.1	33	54.9	0.8	81.3	29.3	0	5.69
29/05/2006	257.78	23.2	17	20.1	88.8	69.6	80	0.9	173	18	0	3.36

Q Caudal medio diario; T_{max} Temperatura máxima diaria; T_{min} Temperatura mínima diaria; T_{med} Temperatura media diaria; HR_{max} Humedad relativa máxima diaria; HR_{min} Humedad relativa mínima diaria; HR_{med} Humedad relativa media diaria; U Velocidad del viento diaria; DV Dirección del viento diaria; RS Radiación solar diaria; P Precipitación diaria; ET_o Evotranspiración potencial diaria.

Tabla 5(i). Caudal medio diario impulsado por la estación de bombeo del sector II de la CC.RR. “Palos de la Frontera” y datos climáticos correspondientes.

Fecha	Q (l/s)	T_{max} (°C)	T_{min} (°C)	T_{med} (°C)	HR_{max} (%)	HR_{min} (%)	HR_{med} (%)	U (m/s)	DV (°)	RS (MJ/m ² día)	P (mm)	ET _o (mm/día)
30/05/2006	132.99	21	18.2	19.2	91.8	76.9	85.9	1	203.1	7.9	0	1.85
31/05/2006	151.13	24.3	14.2	19.9	94.5	54.7	80.3	0.9	226.5	26.4	0	4.57
01/06/2006	178.84	25.4	13.5	19.8	95	53.5	74.4	0.8	156	23.1	0	4.16
02/06/2006	154.68	29.2	13.2	20.7	87.1	27.8	56	0.8	53.5	30.5	0	5.53
03/06/2006	171.91	27.2	12.6	20.7	90.9	34.4	63.4	0.8	190.4	30.8	0	5.39
04/06/2006	113.08	29.3	12.2	21.1	91.8	23.8	56.7	0.7	108.1	30.9	0	5.5
05/06/2006	160.19	31.8	11	21.6	74.5	13	42	0.7	85.1	31.6	0	5.74
06/06/2006	149.97	32.2	12.5	22.2	75.8	15.3	44.3	0.8	144.4	28	0	5.55
07/06/2006	139.54	26.1	15.5	21.3	93.3	48.6	71.5	1	221.6	29.5	0	5.26
08/06/2006	128.96	31.2	12.9	21.9	95.2	25.2	66	0.7	242.6	28.7	0	5.42
09/06/2006	131.05	28	14.7	21.4	91	36.8	67.4	1.1	280.5	29.8	0	5.57
10/06/2006	128.39	27.3	14.5	20.9	92.6	36	66.9	0.7	281.4	29.4	0	5.21
11/06/2006	97.95	30.1	14.8	23.3	93	35	63	0.8	240.1	30.7	0	5.76
12/06/2006	119.16	30.6	15.5	22.9	90.4	30.4	62.1	0.8	120.4	28	0	5.45
13/06/2006	103.61	27.8	15.4	21.2	94.4	44.5	74	0.8	183	24	10.8	4.57
14/06/2006	53.99	24.6	18.2	20.9	95.8	61.6	83.8	1	168.9	25.8	16.8	4.61
15/06/2006	83.26	24.7	18.8	21.2	89.1	60.8	77.6	1	177	23.2	0	4.32
16/06/2006	63.66	24.5	16.4	20.5	93.6	64.3	81.6	0.9	195.2	23.2	2.6	4.17
17/06/2006	42.33	24.8	15.4	20	95.2	61	82.7	0.5	212.2	18	1.2	3.35
18/06/2006	31.55	25.8	15.7	20.9	95.2	60.5	81.6	0.5	247.1	20.5	0	3.79
19/06/2006	107.73	29.2	16.6	23.3	95	49.4	72.7	0.9	278.3	29.1	0	5.51
20/06/2006	115.50	29.7	17.6	22.7	93.2	35.7	66.3	0.9	286.2	30	0	5.74
21/06/2006	89.54	29.8	17.4	23.6	93.3	40.8	65.8	0.6	273.4	30.3	0	5.63
22/06/2006	110.79	32.3	17.6	25.1	93.9	36.6	64	0.6	276.5	29.8	0	5.79
23/06/2006	106.78	26.7	19	23.1	93.6	64.2	80	0.8	183.9	25.3	0	4.75
24/06/2006	56.48	27.2	19.2	22.5	92.1	45.3	69.8	1	272.7	27.6	0	5.25
25/06/2006	35.41	25.8	16	20.9	84.2	45.7	66.5	1.3	291	30.7	0	5.56
26/06/2006	66.45	25.2	15.1	20.1	92.8	43.6	65.4	1	288.8	31.5	0	5.43
27/06/2006	75.78	24.4	13.9	19.4	88.2	47.8	68	0.9	265.6	29.7	0	5.04
28/06/2006	71.35	25.3	13.3	19.5	92	42.9	67.7	0.9	279.3	29.6	0	5.09
29/06/2006	80.84	25.7	13	19.5	93.7	42.8	72.7	0.7	243.7	30.9	0	5.19
30/06/2006	104.24	24.8	15.5	20.4	94.9	61.7	80.3	0.8	193.6	30.2	0	5.12
01/07/2006	51.98	24.5	14.6	19.7	94.7	57.5	76.6	0.8	197.6	26.8	0	4.6
02/07/2006	27.30	24.8	13.2	19.4	94.4	55	75.2	0.9	276.6	30.1	0	5.04
03/07/2006	98.50	28.4	13	21.6	89.2	34.6	64.1	1	285	31.5	0	5.75
04/07/2006	89.11	26.8	16.4	21.4	92.3	46.8	70.2	1.2	291.6	30.4	0	5.54
05/07/2006	86.65	27.1	16.4	21.5	84.5	41.1	64.3	1.2	298.8	31.2	0	5.75
06/07/2006	73.61	29.2	15.5	22	85.5	30.4	59.4	0.8	298.7	31.4	0	5.74
07/07/2006	77.43	31.3	13.8	23.3	95	32.2	61.5	0.6	218.1	30.9	0	5.68
08/07/2006	60.15	31.9	16.1	24.8	89.3	37.3	60.4	0.5	256.4	30.6	0	5.72
09/07/2006	32.84	33.5	16.9	24.9	87.5	25	58.9	0.6	258.8	30.5	0	5.87
10/07/2006	73.59	38.8	16.2	27.6	87.3	15.7	43.9	0.5	73.5	19.6	0	4.59
11/07/2006	88.75	42.2	21.4	31.4	62.6	12.9	30.9	0.8	31.8	22.2	0	5.88
12/07/2006	90.10	36.4	19.6	26.9	74.8	19.9	50.5	0.7	31.2	22.4	0	5.19
13/07/2006	78.86	34.4	17.9	26.4	82	25.4	52.9	0.7	254.1	25.8	0	5.44
14/07/2006	86.52	35.2	20.1	27.6	79.2	27.4	49.4	0.8	232	27.5	0	5.94
15/07/2006	55.89	35.4	18.8	27.3	84.6	24.5	51.7	0.6	241.2	28.8	0	5.85
16/07/2006	38.04	34.8	18.7	26.5	87.8	25.8	59.6	0.6	115.4	29.4	0	5.88
17/07/2006	63.61	37.4	18.2	26.4	86.4	19.1	54.3	0.6	74	27.8	0	5.82
18/07/2006	66.16	36.2	19.6	26.3	88.2	21.6	59	0.7	98.7	16.5	1	4.31
19/07/2006	78.13	28.1	17.1	23.3	93.8	61.8	79.3	0.9	201.8	24.8	0	4.7

Q Caudal medio diario; T_{max} Temperatura máxima diaria; T_{min} Temperatura mínima diaria; T_{med} Temperatura media diaria; HR_{max} Humedad relativa máxima diaria; HR_{min} Humedad relativa mínima diaria; HR_{med} Humedad relativa media diaria; U Velocidad del viento diaria; DV Dirección del viento diaria; RS Radiación solar diaria; P Precipitación diaria; ET_o Evotranspiración potencial diaria.

Tabla 5(j). Caudal medio diario impulsado por la estación de bombeo del sector II de la CC.RR. “Palos de la Frontera” y datos climáticos correspondientes.

Fecha	Q (l/s)	T_{max} (°C)	T_{min} (°C)	T_{med} (°C)	HR_{max} (%)	HR_{min} (%)	HR_{med} (%)	U (m/s)	DV (°)	RS (MJ/m ² día)	P (mm)	ET _o (mm/día)
20/07/2006	77.31	30.8	14.7	22.8	95.3	45.9	76.1	0.6	270.5	28.1	0	5.22
21/07/2006	83.95	31.4	16.2	24.7	94.4	41.4	65.8	0.8	265.4	29.5	0	5.69
22/07/2006	74.83	35	17	26.3	76.6	15.8	47.7	0.9	309.3	30.5	0	6.3
23/07/2006	40.09	36.2	19.2	25.8	83.5	18.7	56.2	0.9	293.6	30.5	0	6.52
24/07/2006	106.15	30.6	15.4	23.2	93.6	38.1	68.6	0.7	269.6	29.8	0	5.52
25/07/2006	112.90	33.7	16.7	24.2	93.3	24.5	59.4	0.6	291	30	0	5.72
26/07/2006	123.77	30.2	16.6	23.9	87.7	39.5	63	0.6	237.3	29.4	0	5.41
27/07/2006	102.47	33.6	18.8	25.2	72.9	21.3	49.8	1.2	312.1	29.8	0	6.48
28/07/2006	90.35	31	16	23.3	90.7	26.7	62.2	0.8	291.7	29.7	0	5.62
29/07/2006	84.60	29.8	16	23.9	91.4	42.2	65.4	0.6	252.3	28.8	0	5.28
30/07/2006	57.70	33.3	16.6	26.5	89.6	32.4	51.1	0.8	295.4	29.5	0	5.86
31/07/2006	102.76	36.2	20.3	26.8	83.4	24.2	54.4	1	309.3	29.4	0	6.48
01/08/2006	90.32	34.5	17.8	26.2	71.4	25.3	50.2	1	302.9	29.2	0	6.17
02/08/2006	99.34	32.7	18.2	24.9	93.6	33.4	64.4	0.8	286.4	29	0	5.73
03/08/2006	103.64	28.6	15.4	22.4	95.3	48.7	79.2	0.7	212.8	27.9	0	5.02
04/08/2006	135.09	26.3	16.6	21.9	94.6	62.5	80.7	0.5	199.1	21.7	0	3.93
05/08/2006	127.92	33.6	18.1	25.1	93.4	45.3	73.8	0.6	243.9	26.1	0	5.2
06/08/2006	103.39	31	18.6	25	94.1	47.8	73.8	0.6	235.2	27.2	0	5.19
07/08/2006	156.22	31.7	18.4	25	91.1	40.3	72.7	0.6	259.4	26.3	0	5.08
08/08/2006	161.15	28.8	17.9	23.6	94.5	59.3	80.3	0.7	227.7	24.8	0	4.64
09/08/2006	176.09	32.9	19.5	25.6	94.5	44.2	73.8	0.7	225.4	26.5	0	5.3
10/08/2006	157.97	36.1	17.8	26.6	93.1	23.6	58.9	0.6	217.3	27.4	0	5.51
11/08/2006	165.50	29.9	18.5	24.7	93.4	53.4	71.8	0.6	212.2	26.8	0	5.01
12/08/2006	161.52	28.5	18.1	23.5	95	62.8	82.9	0.7	217.2	21.7	0	4.13
13/08/2006	117.78	29.6	13.6	21.7	94.6	27.9	77	0.7	203.1	25.7	0	4.69
14/08/2006	133.43	26.2	16.6	21.8	94.8	54.1	76.3	0.8	218.5	19.1	0	3.64
15/08/2006	152.11	25.4	14.2	20.6	92.9	50.4	68.5	1.1	286.3	25.7	0	4.48
16/08/2006	175.12	25.4	14.3	20.5	88.4	51.2	70	1.3	269	21.8	0	4.09
17/08/2006	78.66	25.8	16	21.6	91.8	57	73.6	1.3	247.6	21.6	1.6	4.05
18/08/2006	114.97	26.1	12.1	19.7	94.6	50.4	71.8	0.8	256.4	26.4	0	4.4
19/08/2006	139.56	27.9	12.8	20.8	91.2	34.8	63.8	0.7	305.8	27.8	0	4.72
20/08/2006	127.18	34	13.3	24.7	83.1	21.3	48.4	0.6	9.1	27.5	0	5.08
21/08/2006	144.78	34.4	16.8	25	85.5	25.7	60	0.7	47.8	26.5	0	5.21
22/08/2006	139.96	32.8	17.4	24.9	92	25.8	61.4	0.7	251.8	26.6	0	5.1
23/08/2006	151.60	29.4	16	23.1	94.7	50.1	77.7	0.6	236.7	25.9	0	4.62
24/08/2006	115.90	32.2	15.5	22.9	93.5	31.7	67.1	0.7	284.7	26.7	0	4.97
25/08/2006	126.24	31.8	17.4	23.9	92	29	62.9	0.7	289	26.2	0	4.92
26/08/2006	108.12	37.6	19.7	27.3	77.9	14.6	45.4	0.8	330.8	25.4	0	5.5
27/08/2006	90.34	31.5	18.1	24.3	93.3	35	61.6	0.6	256.3	25.7	0	4.75
28/08/2006	138.65	32.8	16	24	95.6	38.5	71.6	0.5	245.4	25.6	0	4.68
29/08/2006	181.31	39	16.6	26.7	94.8	21.7	58.8	0.6	305	25.7	0	5.29
30/08/2006	223.60	39.3	18	27.7	85.1	12.8	49.5	0.7	175.8	25.8	0	5.42
31/08/2006	212.93	34	17.6	25.6	90.4	30.3	61.5	0.7	173.4	25.2	0	4.92
01/09/2006	206.64	33	18	24.9	92.8	32.3	65.8	0.5	274.9	22.8	0	4.31
02/09/2006	175.37	33.4	17.2	24.5	90.9	28.6	62.6	0.5	210.6	23.4	0	4.36
03/09/2006	156.26	37.6	16.2	25.7	93.3	22.5	62	0.4	254.2	24.2	0	4.55
04/09/2006	173.53	34	17	25.2	94.3	33.8	68	0.6	162	23.9	0	4.58
05/09/2006	170.15	32.4	18.3	25.2	92.6	33.6	67	0.6	290.3	22.6	0	4.31
06/09/2006	125.97	32.2	19.6	24.7	90.6	32.4	68.5	0.5	6.4	14.4	0.2	3.15
07/09/2006	138.99	33.3	19.2	25.5	87.8	30.4	63.6	0.6	280.3	21.2	0	4.19
08/09/2006	150.35	35.6	17.2	26.2	94.7	28	62.1	0.5	236.5	21.2	0	4.17

Q Caudal medio diario; T_{max} Temperatura máxima diaria; T_{min} Temperatura mínima diaria; T_{med} Temperatura media diaria; HR_{max} Humedad relativa máxima diaria; HR_{min} Humedad relativa mínima diaria; HR_{med} Humedad relativa media diaria; U Velocidad del viento diaria; DV Dirección del viento diaria; RS Radiación solar diaria; P Precipitación diaria; ET_o Evotranspiración potencial diaria.

Tabla 5(k). Caudal medio diario impulsado por la estación de bombeo del sector II de la CC.RR. “Palos de la Frontera” y datos climáticos correspondientes.

Fecha	Q (l/s)	T_{max} (°C)	T_{min} (°C)	T_{med} (°C)	HR_{max} (%)	HR_{min} (%)	HR_{med} (%)	U (m/s)	DV (°)	RS (MJ/m ² día)	P (mm)	ET _o (mm/día)
09/09/2006	115.25	33.7	19.3	27	80.4	28.1	55.5	0.7	225	22.5	0	4.46
10/09/2006	88.93	32.3	17.8	25.5	91	33.6	62.5	0.6	238.4	20.7	0	3.99
11/09/2006	127.63	31	14.8	22.5	86.2	37.3	65.8	0.5	267.3	19.2	0	3.52
12/09/2006	148.12	28.6	15.6	22	91.3	45.6	71.9	0.6	302.1	20	0	3.55
13/09/2006	114.41	26.8	14.4	20.9	94.7	45.8	74.6	1.1	268.9	21.9	9.4	3.87
14/09/2006	62.89	26.4	15.4	20.3	92.6	31.9	62.8	1.5	311.2	20.5	0	4.11
15/09/2006	60.11	25.5	14.5	19.8	85.2	38.2	60.7	1.2	309.6	20.6	0	3.77
16/09/2006	0.04	25.2	12.6	18.8	90.2	33.6	62.1	0.8	282.4	23.7	0	3.72
17/09/2006	0.01	29	12	20.3	89.9	25.6	61.8	0.6	308.8	23.2	0	3.74
18/09/2006	76.71	29.5	16.9	22.6	88.2	38.5	65.6	0.9	307.4	22.8	0	4.12
19/09/2006	111.74	26.6	15.4	21.1	93	50.9	70.2	0.6	282.1	22.9	0	3.64
20/09/2006	81.51	30.6	14.1	21.6	94.7	32.3	69	0.5	245.1	21.9	0	3.63
21/09/2006	61.37	24.6	14.5	20.2	95.1	66.1	86.4	1.1	214.9	10.6	12.6	2.19
22/09/2006	41.69	23.6	12.2	18.2	95.2	53.9	79.8	0.5	229.9	22.7	0	3.23
23/09/2006	51.89	24.1	11.8	18.2	95.3	66.5	85.3	0.7	230	18.9	5.8	2.87
24/09/2006	32.11	24.4	13	18.9	95.1	47.5	74.9	0.8	283.8	20.9	0	3.22
25/09/2006	58.31	25.6	15.8	20.3	94.6	65.8	83.2	0.6	285.5	16.6	0	2.75
26/09/2006	71.12	29.5	15.4	22	95.1	44.5	73.6	0.6	304.1	21.6	0.2	3.57
27/09/2006	88.35	25.2	15.2	20.1	95	64	83.7	0.5	225	21	0	3.16
28/09/2006	95.61	25.2	17	20.7	92.3	58.9	80.1	0.8	287.7	20.4	0	3.24
29/09/2006	108.05	25	14	19.6	95	54.7	80.2	0.6	265.6	20.7	0	3.08
30/09/2006	95.31	25.8	14.4	20.4	95.6	64.5	85.6	0.5	237	18.7	0	2.88
01/10/2006	101.40	28.5	14.5	20.1	95.8	47.6	80.8	0.5	12.1	18.4	0.2	2.96
02/10/2006	145.53	26.4	15.6	21.2	94.4	54.1	79.5	0.6	237.9	19.4	0	3.04
03/10/2006	168.16	26	17	20.7	94.1	35	66.8	1	298.1	20.7	0	3.43
04/10/2006	171.82	23.5	12.1	18.4	94.3	54.5	74.4	0.7	292.5	18	0	2.65
05/10/2006	207.35	27.8	12.1	18.9	87.3	24.4	61.5	0.5	23.3	20.4	0	2.92
06/10/2006	246.69	27.2	10.5	19	75	29.1	53.9	0.5	38.9	17.6	0	2.64
07/10/2006	272.75	28.2	12.4	19.4	82.5	32	58.7	0.4	45	16.5	0	2.51
08/10/2006	295.47	29	11.4	18.8	88.8	21.3	58	0.4	83.4	17.6	0	2.56
09/10/2006	340.05	29	11	19	90.4	27.7	62	0.4	68.5	16.8	0	2.51
10/10/2006	413.48	24.4	14.2	19.1	94.9	68.1	87.5	0.5	183.3	11	0	1.85
11/10/2006	486.71	24.8	14.7	19.1	95.8	60.4	84.8	0.5	306.4	17.1	0.2	2.47
12/10/2006	403.59	26.2	10.7	18.3	91	36.2	67.3	0.6	333.8	19.1	0	2.68
13/10/2006	388.40	27.5	11.9	19.3	94.6	34	73.9	0.6	109.9	18.5	0	2.72
14/10/2006	284.86	27.1	11.4	18.5	95.1	39.2	75.2	0.7	110.5	18.5	0	2.74
15/10/2006	346.63	24.8	13.2	18	93.4	59.5	80.4	0.7	113.7	11.6	0	1.97
16/10/2006	183.79	23	13.7	17.8	95.2	71.8	88.4	0.8	143.6	4.7	10.8	1.23
17/10/2006	38.74	19.4	17	18.4	95.6	90.4	94.3	1	166	4.5	15.8	0.99
18/10/2006	51.78	24.1	18.5	20.1	94.2	66	85.6	1.4	219.4	10.6	3.4	2.08
19/10/2006	178.84	21.5	17.4	19.4	91.9	72.3	84.6	1.1	247.6	6	1.2	1.41
20/10/2006	180.55	21.8	18.4	20.1	94.8	83.5	89.6	1.6	226.2	4.2	8.2	1.16
21/10/2006	128.55	22.5	14.2	18.9	95.5	71.8	88.3	0.6	218.2	10.6	0.2	1.65
22/10/2006	141.07	22.4	17.8	20.7	95.2	85.4	91.9	1.4	192.2	5.6	0	1.23
23/10/2006	62.72	21.2	17.3	20	95.6	84.6	92.5	1.3	197.7	3.6	16.4	1.02
24/10/2006	50.67	22.4	18.8	20.4	95.9	91	93.9	1.1	163.7	3.7	0.6	0.93
25/10/2006	16.19	20.8	14.8	18	95.5	85.2	92.1	1.7	184.5	3.5	32.8	1.01
26/10/2006	35.74	21.9	14.7	17.7	94.7	66.6	86.1	1.1	188.5	9.7	15	1.67
27/10/2006	44.12	24	13	17.6	95.1	52.1	80.9	0.9	67.3	14.2	3	2.1
28/10/2006	128.80	26.6	15.9	20.7	92.4	54.2	73	0.8	70.8	12	0	2.05
29/10/2006	216.75	26.6	16.3	20.3	91.9	51.7	79.4	0.5	66.7	7.8	0	1.55

Q Caudal medio diario; T_{max} Temperatura máxima diaria; T_{min} Temperatura mínima diaria; T_{med} Temperatura media diaria; HR_{max} Humedad relativa máxima diaria; HR_{min} Humedad relativa mínima diaria; HR_{med} Humedad relativa media diaria; U Velocidad del viento diaria; DV Dirección del viento diaria; RS Radiación solar diaria; P Precipitación diaria; ET_o Evotranspiración potencial diaria.

Tabla 5(I). Caudal medio diario impulsado por la estación de bombeo del sector II de la CC.RR. "Palos de la Frontera" y datos climáticos correspondientes.

Fecha	Q (l/s)	T_{max} (°C)	T_{min} (°C)	T_{med} (°C)	HR_{max} (%)	HR_{min} (%)	HR_{med} (%)	U (m/s)	DV (°)	RS (MJ/m ² día)	P (mm)	ET _o (mm/día)
30/10/2006	254.72	27.4	14.7	19.8	95.3	51.4	82.9	0.4	161.7	13.1	0	1.87
31/10/2006	281.26	27.7	13.8	18.7	95.7	51.2	82.8	0.3	50.5	14.8	0	1.89
01/11/2006	200.42	26.2	12.5	18.4	94.9	46.5	83.6	0.3	104.1	9.2	0	1.42
02/11/2006	20.54	20.5	17.8	18.9	95.9	90	94.4	0.7	148.8	3.6	21	0.85
03/11/2006	23.39	21.7	18.1	19.4	95.9	80.5	92.7	0.8	145.3	7.1	18.2	1.24
04/11/2006	31.81	22.2	16.6	19.3	95.2	75.3	85.4	1.1	143.3	8	0	1.4
05/11/2006	43.00	22.6	14.8	18.4	90.9	63.4	79.9	0.6	114.1	6.6	0	1.26
06/11/2006	66.23	20.2	14	17.2	91.8	70	83.5	0.7	80.4	5.2	0	1.09
07/11/2006	20.84	18.9	13.8	16	96.3	86.1	94.8	0.7	40.5	1.7	44.2	0.69
08/11/2006	40.76	23.2	12.8	17	96.3	63.4	88.9	0.3	355.1	13.8	0.6	1.51
09/11/2006	64.01	24	13	17.5	95.8	52.9	80.9	0.7	70	12.8	0	1.69
10/11/2006	99.71	22.9	9.3	16	90	44.4	70.9	0.7	57.4	13.8	0	1.66
11/11/2006	88.95	22.4	9	14.7	88.4	43.4	69.9	0.7	53	14.1	0	1.63
12/11/2006	103.36	23.8	8.8	14.1	94.4	32.7	73.4	0.5	57.5	14.2	0	1.52
13/11/2006	97.09	22.3	5.7	13.2	95.4	53.7	82.6	0.3	340.1	13.2	0	1.23
14/11/2006	75.71	20.3	8.9	13.7	95.8	68	88.3	0.5	96.7	12	0.4	1.23
15/11/2006	66.61	19.6	10.1	15.4	95.7	69.5	88.9	1.2	136.9	4.6	6.4	1.1
16/11/2006	24.29	19.3	8.5	15.6	96.1	76.8	89.7	0.8	265.8	4.1	25	0.89
17/11/2006	56.40	19	5.9	12.9	95.7	43	75.6	0.3	243.9	13.1	0.2	1.05
18/11/2006	63.85	20.6	8.8	13.7	94.4	52.3	80.2	0.5	98.3	12.2	0	1.22
19/11/2006	82.12	20.3	8.1	12.8	95	47.3	82.6	0.4	50	12.2	0.2	1.13
20/11/2006	102.12	21.4	7.7	13.8	95.7	55.3	83.3	0.3	346.3	12.5	0	1.1
21/11/2006	96.26	18.9	8.7	13.9	95.9	65.5	86.8	0.5	315.2	8.2	0.4	0.98
22/11/2006	89.33	18.4	12.6	15.4	92.8	72.5	85.5	0.6	298.3	5.5	0	0.91
23/11/2006	85.60	19.1	11.7	16.3	93	77.6	86.4	0.6	235.1	5.3	1.8	0.88
24/11/2006	83.47	21.1	14.1	19	92.8	75.3	82.5	2.1	202.8	6.9	1.6	1.34
25/11/2006	30.53	14.4	10.6	12.9	95.9	90.4	94.8	0.6	138.8	1.9	29.6	0.59
26/11/2006	72.35	18.2	7.5	11.5	96.4	52.7	88.1	0.3	43.6	11.2	0.2	0.89
27/11/2006	92.81	17.8	8.4	12	95.3	62	85.6	0.7	80.6	11.1	0	1.04
28/11/2006	79.19	14.6	9.2	11.8	95.1	86.9	91.4	0.4	72.6	2.9	2.8	0.61
29/11/2006	120.41	18.9	6.8	11.6	96	54.6	85.5	0.3	43	11.5	0.2	0.88
30/11/2006	107.39	19.7	8.6	13	94.2	55.7	82.3	0.6	61	11	0	1.06
01/12/2006	127.48	19.6	8.8	12.9	93.6	60.4	84.4	0.5	70.4	9.3	0.2	0.96
02/12/2006	57.16	12.4	9.7	11	95.8	88.6	94	0.8	17.7	1.3	25	0.56
03/12/2006	107.55	17.1	6.9	11.3	94.8	62.4	85.8	0.4	320.1	10.7	0.2	0.83
04/12/2006	115.45	20.6	7.8	13.8	96.1	68.4	89.7	0.2	334.1	8.6	0	0.8
05/12/2006	98.39	18.8	9.6	13.5	96.2	71.5	89.9	0.9	270.1	5.5	14.6	0.91
06/12/2006	114.04	17	6.4	10.3	94.8	53.7	83.8	0.4	324.5	10.8	0.2	0.81
07/12/2006	102.50	16.6	5.6	12	95.8	72.9	88.5	0.5	268.1	4.1	0.6	0.71
08/12/2006	25.91	17.4	6.8	13	93.4	46	75.4	1.1	303.2	10.1	4	1.2
09/12/2006	127.66	14.1	2	7.9	94.7	51.1	78.6	0.4	345.4	10.8	0	0.7
10/12/2006	84.17	14.9	1.7	7.8	94.3	41.7	74.5	0.8	36.9	11	0.2	0.96
11/12/2006	151.15	16	6.1	10.1	85	43.6	62	1	49.9	10.6	0	1.15
12/12/2006	128.59	15.7	5.7	10.1	93.6	59.2	78	0.4	40.6	5.9	0	0.72
13/12/2006	164.11	17.1	4.7	9.7	92.9	44.3	73.6	0.6	50.8	10.6	0	0.91
14/12/2006	138.10	16.8	5.9	10.2	83.8	46.5	70.3	0.7	54.4	10.6	0	0.97
15/12/2006	130.38	17.2	6	10.1	92.8	52.1	79.2	0.6	57.9	10.2	0	0.88
16/12/2006	129.96	18.7	5.9	10.2	93.9	51.6	80.4	0.4	54	10.3	0	0.81
17/12/2006	103.75	18.4	5.3	10	94.2	52.5	83.1	0.4	51.4	10	0	0.79
18/12/2006	152.26	17.2	2.3	8.3	96.1	53.1	84.5	0.4	337	10.5	0.2	0.74
19/12/2006	148.65	14	0.7	6.4	95.8	45.9	82	0.3	1	10.5	0.2	0.61

Q Caudal medio diario; T_{max} Temperatura máxima diaria; T_{min} Temperatura mínima diaria; T_{med} Temperatura media diaria; HR_{max} Humedad relativa máxima diaria; HR_{min} Humedad relativa mínima diaria; HR_{med} Humedad relativa media diaria; U Velocidad del viento diaria; DV Dirección del viento diaria; RS Radiación solar diaria; P Precipitación diaria; ET_o Evotranspiración potencial diaria.

Tabla 5(m). Caudal medio diario impulsado por la estación de bombeo del sector II de la CC.RR. "Palos de la Frontera" y datos climáticos correspondientes.

Fecha	Q (l/s)	T_{max} (°C)	T_{min} (°C)	T_{med} (°C)	HR_{max} (%)	HR_{min} (%)	HR_{med} (%)	U (m/s)	DV (°)	RS (MJ/m ² día)	P (mm)	ET _o (mm/día)
20/12/2006	145.58	13.9	-1.5	4.8	96.4	42.9	81.3	0.2	42.7	10.7	0	0.52
21/12/2006	134.50	14.8	1.9	6.6	92.1	42.9	73.9	0.4	50.6	9.8	0	0.7
22/12/2006	171.58	15.4	0.2	6	94.3	38	78.6	0.3	27.4	10.5	0	0.63
23/12/2006	157.51	12.3	0.2	4.5	95.7	50.3	82.1	0.3	37.1	9.6	0.2	0.57
24/12/2006	144.87	14.8	0.2	6.3	95.6	49.7	80.9	0.5	48.8	10.6	0	0.74
25/12/2006	149.81	16.3	3.8	8.4	86	45.5	71.6	0.6	63.2	9.9	0	0.89
26/12/2006	4.80	17	4.3	9.3	87.9	48.2	73.4	0.7	58.4	9.9	0	0.96
27/12/2006	88.02	17.8	5.1	9.7	93.2	57.4	81.7	0.5	70.7	7.1	0	0.82
28/12/2006	131.78	18.3	6.8	10.6	93	50.9	81.4	0.4	72.7	9.6	0	0.81
29/12/2006	253.54	18.1	5.1	9.6	94.7	54.7	82.3	0.4	77.4	10.1	0	0.79
30/12/2006	190.91	18.9	3.7	9.6	95.4	47.7	83	0.3	64.1	10.1	0.2	0.75
31/12/2006	142.06	20	3.7	10.7	94.7	46.4	79	0.6	44.4	10.7	0	1.02
01/01/2007	70.55	20.2	4.6	11.1	95.2	47.6	82.5	0.3	33.8	10.6	0.2	0.8
02/01/2007	203.87	20.2	5.1	10.7	95.4	42.9	79	0.5	42.8	11	0.2	0.98
03/01/2007	179.82	20.8	3.9	10.5	94.7	37.9	75.6	0.5	54.2	11	0	1.02
04/01/2007	200.52	18.3	2.3	9.1	95.1	50	83.3	0.3	12.9	10.3	0	0.76
05/01/2007	186.73	17.7	4.5	9.6	95.4	53.3	84.6	0.3	31.9	10.2	0.2	0.76
06/01/2007	141.87	18.5	2.3	9.6	96.1	43	84.4	0.2	358.4	10.1	0	0.7
07/01/2007	141.98	17.2	3.1	9.3	96.2	58.9	86.6	0.3	356.6	10.7	0.2	0.76
08/01/2007	197.80	16.7	3.7	8.4	96	54.1	87.2	0.3	29	9.7	0.2	0.75
09/01/2007	168.48	15.9	3.1	7.9	95.7	67.8	88.5	0.5	75.9	7.3	0	0.76
10/01/2007	165.64	17.4	4.4	9.9	96.1	54.3	85.6	0.6	58.1	8.9	0.2	0.94
11/01/2007	199.95	18.9	3.7	10	92.3	43.4	76.6	0.5	46.7	11.3	0	1
12/01/2007	201.72	18.2	0.7	8.1	94.9	40.6	79.9	0.4	53.5	10.6	0.2	0.9
13/01/2007	190.85	17.8	3.4	8.5	94.9	41.9	76.9	0.4	57.7	9.1	0	0.9
14/01/2007	134.22	16.7	3.5	9.2	95	53.8	85.4	0.3	81.6	8.5	0	0.79
15/01/2007	212.29	17.6	5.7	10.9	95.4	58	86.2	0.3	72.1	8.4	0	0.83
16/01/2007	196.51	16.6	3.9	9.4	95.9	63.8	86.9	0.3	23.2	9.3	0.2	0.81
17/01/2007	183.63	22.6	5.5	10.8	95.3	39.7	81.1	0.4	46.2	11.2	0.2	1.13
18/01/2007	189.45	21.8	5.1	11.8	93	37.3	71.6	0.6	46	11.5	0	1.31
19/01/2007	207.98	22.8	4.8	12	92.1	30.5	69.8	0.5	42.1	12.3	0	1.29
20/01/2007	135.17	20	1.4	9.3	95.3	43	83.3	0.2	38.8	10.4	0	0.87
21/01/2007	86.08	17	3.5	9.8	95.8	63.4	87.3	0.3	72.1	11.2	0	0.92
22/01/2007	105.73	14.6	3.9	8.5	96.1	53.5	83.5	0.6	32.3	7	4.6	0.92
23/01/2007	117.48	14.3	-0.1	7.1	94.8	49.7	80.2	0.5	297	12.4	0.6	0.97
24/01/2007	113.86	12.9	1.1	5.4	96.2	43.6	80.6	0.5	347.5	11.3	0	0.94
25/01/2007	95.24	13.2	-2.7	4.3	96	54.4	85.8	0.5	345.8	5.3	1.6	0.79
26/01/2007	89.87	7.4	-1.7	1.9	94.9	59	84.4	0.4	7.4	6.7	0.6	0.65
27/01/2007	120.48	12.6	-0.4	5.5	95.1	46.4	79	0.8	42.6	9.9	0.2	1.07
28/01/2007	44.55	11	5.2	7.6	95.4	71.2	90.2	0.9	58.5	4.6	3.8	0.79
29/01/2007	133.60	15.4	3.9	8.6	96.1	61.8	89	0.3	88.5	9.5	0.2	0.92
30/01/2007	171.39	14.2	4.5	9	95.7	78	91.9	0.6	103.6	7	16.6	0.85
31/01/2007	100.90	15.9	3.5	8	96.1	53.4	88.1	0.4	39.2	10.5	0.2	1.03
01/02/2007	101.59	15.2	3.5	8.6	95.1	55.8	81.6	0.6	49.2	8.3	0	1.04
02/02/2007	192.77	11.4	6.7	9.1	95.5	71.4	85.9	0.7	49.7	1.7	16.8	0.7
03/02/2007	77.15	13	8.5	10.4	95.7	88	94	0.6	33.6	3.2	6.8	0.67
04/02/2007	73.90	16.5	4.3	9.6	95.9	54.1	87.6	0.3	324.3	13.7	0	1.18
05/02/2007	103.55	16.4	4.3	9.8	96.2	64.5	90.3	0.4	49.5	8.3	0.2	1.01
06/02/2007	112.81	17.3	6.7	10.5	94.4	48.3	82.4	0.3	336.2	12.1	0	1.2
07/02/2007	110.40	16.4	2.5	10.6	95.7	62.8	88	0.6	214.9	9.4	2.8	1.15
08/02/2007	46.61	17.3	13	15	96.2	84.9	93.6	1.7	245	5.4	12.8	1.02

Q Caudal medio diario; T_{max} Temperatura máxima diaria; T_{min} Temperatura mínima diaria; T_{med} Temperatura media diaria; HR_{max} Humedad relativa máxima diaria; HR_{min} Humedad relativa mínima diaria; HR_{med} Humedad relativa media diaria; U Velocidad del viento diaria; DV Dirección del viento diaria; RS Radiación solar diaria; P Precipitación diaria; ET_o Evotranspiración potencial diaria.

Tabla 5(n). Caudal medio diario impulsado por la estación de bombeo del sector II de la CC.RR. "Palos de la Frontera" y datos climáticos correspondientes.

Fecha	Q (l/s)	T_{max} (°C)	T_{min} (°C)	T_{med} (°C)	HR_{max} (%)	HR_{min} (%)	HR_{med} (%)	U (m/s)	DV (°)	RS (MJ/m ² día)	P (mm)	ET _o (mm/día)
09/02/2007	97.00	18.4	8.9	14.2	95.3	47.5	78.7	1.1	267.7	15	0	1.85
10/02/2007	108.89	19.7	13.8	15.9	95.7	66.9	89.7	1	261.1	11.8	0.8	1.63
11/02/2007	60.86	18.2	13.5	15.4	96.2	79.7	94.3	0.8	243.8	5.9	1	1.06
12/02/2007	88.94	19.1	14.8	15.9	95.7	78.4	91.2	1	247.6	9.1	0	1.36
13/02/2007	105.85	18	10.3	14.9	96	83.6	93.3	0.5	216.2	6.5	0	1.04
14/02/2007	100.72	20.8	8	14.5	96.1	63.3	88.6	0.5	216.1	11.5	0.2	1.5
15/02/2007	127.45	18.1	9.9	13.8	96.5	69.5	87.5	0.6	101.2	8.4	0.2	1.25
16/02/2007	152.89	19.4	9.4	13.1	92.7	51.3	76.7	1.2	175	12.9	0.6	1.94
17/02/2007	141.26	16.4	5.7	10.8	95.5	52.3	79.9	0.6	307.5	11.1	5.8	1.41
18/02/2007	166.32	17	4.8	10.2	93.5	46	76.6	0.7	330.4	16.5	0	1.77
19/02/2007	172.15	14.5	3.7	9	95.2	57.2	85	0.2	3.5	7.5	0.4	0.99
20/02/2007	125.79	16.7	7.4	11.2	95.9	45.4	80.2	0.8	343.4	10.1	13.4	1.55
21/02/2007	215.81	16.5	4.3	10.6	93.1	41.2	74.3	0.8	299.5	17.5	0	1.93
22/02/2007	88.92	16.8	8.8	12.7	95.7	85.6	92.9	0.7	236.8	4.2	7.4	0.88
23/02/2007	101.72	19.5	8.6	13.6	96	52.2	86.4	0.5	290.3	12	0.2	1.64
24/02/2007	113.22	19.1	6.8	12.4	95.8	54.3	86.1	0.5	310.8	15.3	0	1.82
25/02/2007	102.74	18.2	6.7	13.1	96.2	74.2	90.5	0.7	276	12.3	0.2	1.59
26/02/2007	123.47	18.6	8.5	12.7	94.5	44.6	77.3	0.6	331.4	18.1	0.2	2.1
27/02/2007	140.96	19.9	5.1	12.5	95.2	50.6	79.8	0.3	281.1	18.2	0	1.98
28/02/2007	148.49	20.7	8.1	13.5	95.6	54.8	84.7	0.5	300.2	18.2	0	2.17
01/03/2007	153.48	20.2	6.8	14.4	95.5	50.6	82.6	0.5	297.7	18.1	0	2.19
02/03/2007	163.93	19.9	6.5	12.5	95.6	45.3	82.8	0.4	308.8	17.2	0	2.03
03/03/2007	156.66	22.4	6.1	13.4	96.1	54.3	82.3	0.4	318.2	19.1	0.2	2.29
04/03/2007	132.73	19.2	6.6	14	96.3	60.4	84.1	0.7	256.7	14.8	0	1.99
05/03/2007	147.37	19.6	5.9	11.3	94.9	34.9	76.3	0.5	336.8	17.3	0	2.12
06/03/2007	185.19	18.4	5.3	12.4	93	46.7	77.6	0.7	293.7	16.5	0	2.13
07/03/2007	179.05	23.6	11.2	16.5	95.3	28	68.8	1.5	291.2	13.6	0	3.03
08/03/2007	181.00	20.9	7.8	13.5	86.4	31.8	62.5	0.9	330.2	19.9	0	2.77
09/03/2007	218.67	22.8	4.6	13.1	93.8	27.3	65.6	0.5	28.3	20.7	0	2.59
10/03/2007	238.22	25.5	6.5	16.1	89.3	11.7	46.3	0.9	48	21.2	0	3.33
11/03/2007	227.04	22.6	3.7	13	93.4	14.7	50.4	0.6	53.9	21.5	0	2.76
12/03/2007	228.50	21.1	3.1	11.8	95.4	41.2	74.5	0.4	66	19.6	0	2.37
13/03/2007	228.41	22.9	7.4	13.5	85.6	21.4	52.6	0.8	62.1	19	0	2.91
14/03/2007	229.37	22	6.3	13	92.3	32.3	66.2	0.6	51.7	18.1	0	2.55
15/03/2007	228.35	21.7	5.9	12.7	95.5	33.3	73.8	0.4	11.9	20.2	0	2.53
16/03/2007	220.98	20.8	5.1	12.6	96	46.4	79	0.4	49.5	20.3	0	2.51
17/03/2007	253.83	22	5.3	13	96.1	32.6	75	0.4	73.1	19.6	0	2.53
18/03/2007	237.82	21.2	6.5	13.2	94.1	35.9	74.5	0.6	11.9	20.7	0	2.76
19/03/2007	224.41	18.6	8.2	12.8	93.8	39.2	64.3	1.5	324	21.3	0	3.1
20/03/2007	256.29	18.2	4.5	10.6	77.9	17.3	47.4	0.8	353.1	23.4	0	2.96
21/03/2007	304.45	17.3	1.7	9.3	71.9	19.5	45.6	0.8	357.8	22.8	0	2.84
22/03/2007	271.09	16.6	-0.1	8.4	89.6	19.4	55.4	0.7	1.9	23.5	0	2.72
23/03/2007	271.34	19.7	-0.1	10.1	93.3	35.3	70.3	0.6	320.4	23	0	2.8
24/03/2007	291.50	20.2	3.2	12.3	94	38.2	70.8	0.8	296.2	23.3	0	3.06
25/03/2007	273.04	17.4	3.3	11.9	93.1	48.2	74	0.8	261.9	23.4	0.2	2.89
26/03/2007	126.72	16.9	6.3	10.8	95.8	63.4	91.2	0.5	122	8	7.8	1.4
27/03/2007	159.61	18.4	8.6	12.6	95.9	37.5	67.9	1	322.3	18.1	0	2.74
28/03/2007	229.98	19.8	7.7	13.3	87.1	26.9	59.3	1.1	320.1	21.6	0	3.3
29/03/2007	232.79	20.1	6.7	13.1	91.3	31.3	67.7	0.9	304.7	20.6	0	3.07
30/03/2007	262.49	20.2	7.2	12.6	92.9	31.7	72.4	0.9	302.6	24	0	3.34
31/03/2007	182.53	17.2	6.7	11.8	95.3	54.4	81.4	0.8	263.9	10.6	5	1.85

Q Caudal medio diario; T_{max} Temperatura máxima diaria; T_{min} Temperatura mínima diaria; T_{med} Temperatura media diaria; HR_{max} Humedad relativa máxima diaria; HR_{min} Humedad relativa mínima diaria; HR_{med} Humedad relativa media diaria; U Velocidad del viento diaria; DV Dirección del viento diaria; RS Radiación solar diaria; P Precipitación diaria; ET_o Evotranspiración potencial diaria.

Tabla 5(ñ). Caudal medio diario impulsado por la estación de bombeo del sector II de la CC.RR. “Palos de la Frontera” y datos climáticos correspondientes.

Fecha	Q (l/s)	T_{max} (°C)	T_{min} (°C)	T_{med} (°C)	HR_{max} (%)	HR_{min} (%)	HR_{med} (%)	U (m/s)	DV (°)	RS (MJ/m ² día)	P (mm)	ET _o (mm/día)
01/04/2007	202.05	17	6.5	11.1	92.3	49.3	77.1	0.7	289.7	21.3	0.4	2.74
02/04/2007	235.92	16.9	5.1	11.2	95.4	50.9	78.6	0.5	168.8	24	5.8	2.91
03/04/2007	214.07	18.2	6.1	11.7	95.8	53.1	80.2	0.6	279.6	17.6	0.8	2.45
04/04/2007	236.15	20.2	5.7	12.9	94.9	35.6	67.4	1	314.5	21.7	0	3.24
05/04/2007	214.21	18.6	3.3	11.9	94.1	35.4	69.1	1.1	319.4	17.2	0	2.79
06/04/2007	213.61	17	2.1	9.5	95.6	43	74.2	0.5	62.3	19.9	0	2.52
07/04/2007	221.24	17.4	5	10.5	95	55.6	81.1	0.6	88.1	11.8	0.2	1.88
08/04/2007	231.68	19.7	6.8	13	95.8	43.2	73.4	0.6	72.3	24.7	0.2	3.3
09/04/2007	222.19	22.4	9.6	14.5	93.8	47.4	74	0.5	84	19.2	0	2.92
10/04/2007	245.24	22.4	9.4	14.7	94.6	47.8	79.4	0.6	104.2	21.8	0	3.25
11/04/2007	249.81	21.8	10	14.9	95.7	51.5	79.9	1	130.2	16	0	2.8
12/04/2007	224.59	19.4	11.4	14	95.2	59.8	87.4	0.6	152.3	11.8	16.6	2.05
13/04/2007	172.87	18.9	10.7	14.2	95.5	63.2	85	0.8	292.4	16.8	0	2.59
14/04/2007	239.16	20.5	7	14.2	94.6	57.7	79.2	0.6	283.4	25.6	0	3.52
15/04/2007	223.52	25.5	9.6	16.5	95	36.1	75.8	0.6	52.8	25.4	0	3.95
16/04/2007	278.13	26.6	9.4	16.6	94.7	28.2	72.3	0.7	67.2	24.9	0	4.08
17/04/2007	252.95	26.3	10.1	17.6	94	28.5	64.8	0.9	59.1	24.4	0	4.23
18/04/2007	289.32	23.1	9.1	16.1	95	42	76.7	0.6	205.1	20.2	0.2	3.26
19/04/2007	268.09	25	13.2	17.8	94.4	45	77.1	0.6	60.1	21.1	0	3.55
20/04/2007	180.28	18	13.2	14.9	93.8	69.5	89.6	0.4	49.3	5.1	3.2	1.24
21/04/2007	195.11	21.6	11.8	15.8	94.9	60.9	85.6	0.5	57.5	13.9	1.6	2.41
22/04/2007	201.57	24.8	10.8	16.8	94.3	40.5	78.3	0.6	34.2	24.8	0	3.93
23/04/2007	233.03	28.4	11	18.3	95.5	31.8	75.7	0.7	239.7	25.6	0	4.42
24/04/2007	250.23	25.5	11.8	18.3	95.3	48.7	75.7	0.5	298.6	19.3	0	3.33
25/04/2007	214.28	24	13.5	17.6	93.3	46.8	77.6	0.7	334.7	11.4	0	2.46
26/04/2007	236.88	21.3	9.7	15.2	88.2	44.4	71.3	1.1	311.9	26.5	0	4.08
27/04/2007	255.89	22.6	9	15.2	93.5	38.2	74.9	0.7	306.4	26.7	0	4.03
28/04/2007	276.89	22.8	10.2	15.8	91.4	28.2	68	1.1	304.7	28.1	0	4.52
29/04/2007	274.16	21.2	9.2	15.2	90.8	35.2	70.7	1	297.3	28.2	0	4.28
30/04/2007	247.65	20	9.7	15.3	94.7	38.1	66.7	1.3	295.7	20.5	0.2	3.54
01/05/2007	263.20	18.7	8.9	14	86.9	44.7	67.6	1.4	273.4	26.2	0	3.95
02/05/2007	122.72	18.2	12.9	15	96.2	73.7	89.5	1.8	240.6	12.3	19.2	2.2
03/05/2007	209.46	19	11.6	14.8	93.3	60.6	81.3	1	273.5	18.9	0	3.02
04/05/2007	228.92	22	10.9	15.9	93.5	48.7	76.8	1.1	298.9	26.5	0	4.17
05/05/2007	249.00	23.2	9.8	15.3	94.5	47	79.1	0.9	309.5	26	8.8	4.1
06/05/2007	198.96	25.9	7.8	16.4	95.6	25.8	67.2	0.7	23.1	28.5	0	4.57
07/05/2007	271.30	26.9	9	18.3	87.8	25.9	57.6	0.7	331.7	29.2	0	4.82
08/05/2007	304.13	32	11.4	21.2	84.2	23.6	56.3	0.6	37.9	29.4	0	5.26
09/05/2007	326.69	31.4	13.5	21.7	83.8	21.4	53.5	0.7	67	29.9	0	5.44
10/05/2007	290.48	27.2	9.9	18.9	89.4	27.2	66.2	0.6	188.5	29.9	0	4.89
11/05/2007	276.72	23.3	9.1	16.2	93.7	39.9	75.1	0.7	264.5	29.8	0	4.56
12/05/2007	281.04	24	10.6	17.6	95.9	44	79.7	0.8	223.9	28.4	0	4.57
13/05/2007	241.85	22.5	11.2	17.6	96.1	42.6	72	1.2	270.6	28.6	0	4.65
14/05/2007	289.02	24.3	9.7	16.6	88.4	24.7	55.3	0.8	342.9	30.8	0	4.88
15/05/2007	323.81	29.2	10.4	19.6	87.1	15.1	47.3	0.8	23.8	30.8	0	5.41
16/05/2007	314.59	31.2	9.7	21	90.1	17.2	47.9	0.8	59.3	30.4	0	5.58
17/05/2007	327.09	34	11.5	22.2	82.7	20.1	49.3	0.8	66.6	30.6	0	5.95
18/05/2007	329.08	32.8	13.6	22.4	81.9	23	52.6	0.7	39.7	30.5	0	5.73
19/05/2007	307.78	32	12.6	21.8	90.3	23.2	61	0.6	230.4	25.5	0	4.89
20/05/2007	217.69	23	17.1	18.7	89.9	61.7	81.8	1.4	182	13.4	0	2.9
21/05/2007	240.25	20.2	14	16.8	90.9	51	73	0.7	319.8	11.3	0.4	2.35

Q Caudal medio diario; T_{max} Temperatura máxima diaria; T_{min} Temperatura mínima diaria; T_{med} Temperatura media diaria; HR_{max} Humedad relativa máxima diaria; HR_{min} Humedad relativa mínima diaria; HR_{med} Humedad relativa media diaria; U Velocidad del viento diaria; DV Dirección del viento diaria; RS Radiación solar diaria; P Precipitación diaria; ET_o Evotranspiración potencial diaria.

Tabla 5(o). Caudal medio diario impulsado por la estación de bombeo del sector II de la CC.RR. “Palos de la Frontera” y datos climáticos correspondientes.

Fecha	Q (l/s)	T_{max} (°C)	T_{min} (°C)	T_{med} (°C)	HR_{max} (%)	HR_{min} (%)	HR_{med} (%)	U (m/s)	DV (°)	RS (MJ/m ² día)	P (mm)	ET _o (mm/día)
22/05/2007	239.38	19.6	6.9	15.1	91.9	56.5	74.6	0.6	265	18.5	0.2	3
23/05/2007	205.11	25.5	6.4	16.7	94.2	38	67.8	0.9	286.4	28.8	0	4.76
24/05/2007	238.68	22.2	9.3	17.6	91.5	48.8	70.9	0.9	220.7	30.3	0	4.75
25/05/2007	216.65	22.2	8.9	17	93.4	41.8	70.2	1.1	258.3	30.2	0	4.79
26/05/2007	134.00	19.7	10.9	15.8	94.7	68	85	0.5	195.8	11.7	1.4	2.16
27/05/2007	134.78	22.7	10.5	17.4	95.6	46	70.4	1.3	297.5	30.6	0	4.93
28/05/2007	230.98	24.2	11.1	17	90.8	29.2	65.2	1.3	301	29.7	0	5.15
29/05/2007	202.97	25.2	11.2	17.9	90.6	29.6	59.1	1.1	300.7	31.4	0	5.35
30/05/2007	212.87	26.6	14	19.6	90.4	37.7	66.6	1.1	307.3	31.3	0	5.53
31/05/2007	190.43	23.8	11.6	17.7	90.4	40.1	67.6	1.1	304.2	28.7	0	4.85
01/06/2007	180.99	25.2	12.4	18.3	90.6	31	59.1	0.9	324.3	27.9	0	4.86
02/06/2007	228.08	33.6	11.7	23.1	73.5	18	43	0.9	46.7	31.3	0	6.21
03/06/2007	198.07	30.7	12.6	22.6	91.4	26.8	55.2	0.7	208	30.8	0	5.65
04/06/2007	140.00	30.8	13.4	21.8	88.7	28	56.8	0.6	339.8	28.1	0	5.2
05/06/2007	194.49	30	12.5	21.8	87.8	26.7	55.7	0.8	249.6	31.1	0	5.71
06/06/2007	186.77	28.1	12	20.6	94.3	38.1	69.9	0.7	235	30.7	0	5.36
07/06/2007	157.08	25.7	12.1	19.4	94.9	49.6	77.6	0.7	160.2	28.8	0	4.88
08/06/2007	124.72	24.4	15.8	19.8	95.4	53.1	77	0.6	229.6	18.1	0	3.41
09/06/2007	130.46	25.2	13.9	19.6	95.7	48.6	76.7	1	255.2	29.3	0	5.05
10/06/2007	117.36	24.2	17.2	20.2	89.9	56.1	75.4	1.1	242.7	30.5	0	5.24
11/06/2007	134.21	25.7	13.5	19.6	93.2	42	70.7	1	283.2	30.2	0	5.25
12/06/2007	114.47	25.3	14	19.9	86.5	36.2	65.8	1.3	282.2	31.8	0	5.64
13/06/2007	131.37	23.7	14.4	19.3	93	50.2	72.3	1.3	270.6	30.1	0	5.12
14/06/2007	182.15	22.2	15.6	19	94.1	70.4	85.2	1.3	236.5	13	0	2.64
15/06/2007	168.34	24.3	17.6	20.1	94.1	68.4	87.2	1.1	220.5	18.9	0	3.56
16/06/2007	136.50	24.3	17.9	20	94	69.9	86.1	1.1	223.1	17.3	0	3.32
17/06/2007	63.60	22.8	17.5	19.6	95.6	77	92.3	0.8	211.6	11.8	3.2	2.38
18/06/2007	129.81	25.3	15.8	20.3	95.3	44.7	76	1	261.8	31.3	0	5.42
19/06/2007	155.60	24.1	12.7	19.5	95.9	52.1	76.2	1.1	255.9	31.8	0	5.27
20/06/2007	145.02	25.1	14.5	19.7	94.7	39.2	70.4	1.1	277	30.4	0	5.31
21/06/2007	134.23	28	12	20.6	85.7	24.1	50.2	1	326	32.5	0	5.85
22/06/2007	126.95	30	14.2	22.1	75.1	19.8	46.2	0.8	329	32.7	0	5.96
23/06/2007	128.06	32.2	12.4	23.1	85.8	21.5	52.7	0.8	228.2	30.1	0	5.83
24/06/2007	99.92	28.2	16.9	22.2	93.9	45.2	67.9	0.9	271.6	31.5	0	5.75
25/06/2007	90.57	27.6	15	21.5	86.9	42	61.6	1.3	302.9	31.7	0	5.87
26/06/2007	35.71	22.9	13.6	18.5	93.1	50.8	66.2	1	266.5	32.2	0	5.2
27/06/2007	84.40	24.3	11	18.1	94.9	51.9	77.2	0.7	194.2	30.7	0	4.95
28/06/2007	125.84	27.5	12	20.8	95.9	46.2	71.2	0.7	252.2	30.9	0	5.36
29/06/2007	102.56	32.6	14.3	23	90.9	20.8	50.2	0.7	286.2	31.2	0	5.91
30/06/2007	96.04	30.4	14.8	23.4	76.8	28.7	48.1	0.7	264.4	31.7	0	5.83
01/07/2007	91.07	29.7	16.7	23	82.3	27	56.8	1.3	309.5	31.6	0	6.31
02/07/2007	89.03	28	16.6	22.4	81	33.5	58.5	1	298.3	31.5	0	5.85
03/07/2007	115.42	34.3	17.1	26.3	65.1	20.6	44.4	1.1	318.3	31.6	0	6.72
04/07/2007	98.44	36.8	19.5	27.3	77.4	18.9	47.2	1.1	326.8	31.4	0	7.08
05/07/2007	104.29	34.5	18.45	25.9	83.45	26.6	54.4	0.95	281.4	30.85	0	6.52
06/07/2007	110.01	32.2	17.4	24.5	89.5	34.3	61.6	0.8	236	30.3	0	5.96
07/07/2007	72.65	28.9	15.7	22.6	86.7	35.5	66.8	0.7	288.3	30.3	0	5.52
08/07/2007	58.79	32.6	15.4	24.3	93.2	28.8	57.4	0.7	289.1	31.1	0	5.96
09/07/2007	91.71	37.7	17.2	28.3	71.5	10.5	34.1	1.1	328	32	0	7.14
10/07/2007	111.89	34.95	16.4	26.3	82.9	23.85	50.9	0.85	278.35	31.2	0	6.45
11/07/2007	81.09	32.2	15.6	24.3	94.3	37.2	67.7	0.6	228.7	30.4	0	5.76

Q Caudal medio diario; T_{max} Temperatura máxima diaria; T_{min} Temperatura mínima diaria; T_{med} Temperatura media diaria; HR_{max} Humedad relativa máxima diaria; HR_{min} Humedad relativa mínima diaria; HR_{med} Humedad relativa media diaria; U Velocidad del viento diaria; DV Dirección del viento diaria; RS Radiación solar diaria; P Precipitación diaria; ET_o Evotranspiración potencial diaria.

Tabla 5(p). Caudal medio diario impulsado por la estación de bombeo del sector II de la CC.RR. “Palos de la Frontera” y datos climáticos correspondientes.

Fecha	Q (l/s)	T_{max} (°C)	T_{min} (°C)	T_{med} (°C)	HR_{max} (%)	HR_{min} (%)	HR_{med} (%)	U (m/s)	DV (°)	RS (MJ/m ² día)	P (mm)	ET _o (mm/día)
12/07/2007	82.24	33.6	16.4	25.5	95.4	28.9	58.5	0.6	223.8	30	0	5.83
13/07/2007	90.89	34.2	17.6	25.9	85.5	25.5	54.6	0.7	239.6	30.5	0	6.07
14/07/2007	62.31	32.4	16.8	24.6	91.3	29.6	64.1	0.8	258	31	0	6.04
15/07/2007	50.89	28.5	16.9	23	95	51	76.6	0.9	252.4	29.9	0	5.52
16/07/2007	76.76	26.9	14.4	21.6	94.1	43.1	69.9	0.9	256.1	30.6	0	5.41
17/07/2007	69.62	28.2	14.5	22.4	92.4	43.8	66.2	0.8	273.2	30.9	0	5.53
18/07/2007	75.49	29.4	16.4	22.8	83.6	20.7	49.8	1	298.1	31.7	0	5.98
19/07/2007	73.66	29.8	15.6	22.4	67.3	21.9	46.1	1.5	312.9	31.2	0	6.46
20/07/2007	75.81	27.4	14.4	21.1	78.5	33.2	52.8	1.3	300	30.9	0	5.77
21/07/2007	53.54	25.8	14.2	19.8	87.7	37.3	59.3	1.2	292.1	29.3	0	5.25
22/07/2007	45.18	28.6	14.5	21	84	27.4	52.5	0.8	289.2	31.1	0	5.53
23/07/2007	82.84	25	15.4	20.6	91.4	50.4	73.8	1	285.2	29.4	0	5.07
24/07/2007	87.26	30.5	15.1	22.6	83.5	32.5	55.6	0.8	299.6	30.6	0	5.67
25/07/2007	92.86	32.3	13.6	23	83.4	30.6	56.1	0.6	241.5	31	0	5.65
26/07/2007	84.46	32.4	15.2	23.3	94.2	33.8	63.1	0.6	229	30.6	0	5.67
27/07/2007	73.00	35.8	15.9	25.7	69.3	18.9	41.1	0.7	294.9	31.6	0	6.16
28/07/2007	75.93	36.2	16.4	27.1	70.7	18.6	40.8	0.6	258.2	30.5	0	5.92
29/07/2007	68.47	36.1	16.3	26.8	82.7	20.4	51	0.7	238.1	29.8	0	6
30/07/2007	105.26	34.6	14	25	92.4	21.5	57.7	0.5	218.4	30	0	5.56
31/07/2007	95.42	31.6	15.6	23.5	95.4	36.4	74.7	0.6	205.5	28.3	0	5.28
01/08/2007	125.53	33.3	17	24.2	91.8	25.2	59.3	0.8	300.5	28.8	0	5.72
02/08/2007	146.12	31.5	14.4	23.6	92	32.3	59.6	0.7	289.7	29	0	5.41
03/08/2007	146.70	35.1	14.8	24.6	95.3	22.8	62.7	0.5	154.5	28.6	0	5.41
04/08/2007	137.38	35.1	18.8	26.1	89.3	32.1	65.5	0.7	171.5	26.8	0	5.55
05/08/2007	103.34	25.5	19.6	22.6	91.8	60.5	81.3	1	199.7	19.4	0	3.79
06/08/2007	148.09	28.4	17.7	22.2	93.8	43.6	70.1	1	290.1	28.9	0	5.32
07/08/2007	160.14	25.6	13.3	20.2	93.5	46.6	67.4	0.7	265.1	25.9	0	4.42
08/08/2007	188.49	26.5	12.8	20.1	95.5	50.4	76.3	0.6	196.1	29.3	0	4.83
09/08/2007	183.04	31.1	13.7	21.9	95.6	39.3	76.7	0.6	208.2	26.3	0	4.82
10/08/2007	161.54	28.8	16.4	23.1	94	41	73.3	0.7	253.2	20.8	1.4	4.08
11/08/2007	216.00	28.9	14.1	21.2	91.6	24.6	66.3	0.6	260	27.2	0	4.74
12/08/2007	202.66	28.1	16.2	21.5	79.4	33.9	62.1	1.3	297.4	28.2	0	5.41
13/08/2007	220.53	24.8	12	19.1	94.3	55.1	74.8	0.6	239.2	27.5	0	4.4
14/08/2007	174.97	27.8	11.6	19.1	95.7	44.7	76.2	0.6	299.7	27.4	0	4.55
15/08/2007	152.30	29.5	15.6	22.5	92.4	44.5	71.2	1	300.8	27.8	0	5.15
16/08/2007	205.66	29.9	14.2	22	89.7	32.9	61.9	0.9	293.7	28.1	0	5.16
17/08/2007	255.32	32.6	12.4	23.2	92	29.6	64.3	0.7	253.7	27.3	0	5.1
18/08/2007	231.66	32.2	16.8	24.6	90.9	36.9	62.6	0.7	266.1	26.5	0	5.07
19/08/2007	223.53	36	17.4	25.7	61.9	16.3	39	0.7	320.3	27.5	0	5.44
20/08/2007	249.56	30	17.4	23.6	79.6	25.1	54.8	0.7	290.3	27.2	0	4.95
21/08/2007	241.62	34.6	19	26.2	65.1	13.9	34.5	0.9	339.4	27.5	0	5.63
22/08/2007	268.73	32.2	14.2	23.2	89.6	19.7	45.5	0.7	149.2	27	0	4.98
23/08/2007	174.37	31.2	15.1	22.6	95.3	33.2	65.4	0.7	10.1	24.4	0	4.59
24/08/2007	132.85	32	14.4	22.8	95.4	26.6	63.9	0.6	195.1	23.4	10.6	4.41
25/08/2007	34.46	19.7	16.2	18	96	91.4	94.8	0.6	41.1	2.3	34.2	0.83
26/08/2007	19.37	29.4	17.9	22.7	95.2	57.5	82.3	0.5	333.6	23.5	0	4.24
27/08/2007	45.01	30.9	17.4	23.7	95.6	50.1	77.7	0.5	282.4	22.8	0	4.24
28/08/2007	69.66	28.7	15.9	22.2	95.5	51.4	76.4	0.5	245	24.2	0	4.21
29/08/2007	109.99	29.7	16.2	21.9	89.7	35.2	69.6	1	312.1	26.2	0	4.89
30/08/2007	125.03	27	16.8	21.8	92.9	51.4	74.1	0.8	285.8	25.6	0	4.41
31/08/2007	124.57	30.6	15.4	22.2	95.9	44.4	77.7	0.6	209.7	24.1	0	4.33

Q Caudal medio diario; T_{max} Temperatura máxima diaria; T_{min} Temperatura mínima diaria; T_{med} Temperatura media diaria; HR_{max} Humedad relativa máxima diaria; HR_{min} Humedad relativa mínima diaria; HR_{med} Humedad relativa media diaria; U Velocidad del viento diaria; DV Dirección del viento diaria; RS Radiación solar diaria; P Precipitación diaria; ET_o Evotranspiración potencial diaria.

Tabla 5(q). Caudal medio diario impulsado por la estación de bombeo del sector II de la CC.RR. “Palos de la Frontera” y datos climáticos correspondientes.

Fecha	Q (l/s)	T_{max} (°C)	T_{min} (°C)	T_{med} (°C)	HR_{max} (%)	HR_{min} (%)	HR_{med} (%)	U (m/s)	DV (°)	RS (MJ/m ² día)	P (mm)	ET _o (mm/día)
01/09/2007	112.26	31.3	17.9	23.6	94.2	36.3	73.1	0.6	274.2	24.5	0	4.5
02/09/2007	107.58	30.3	17.1	23.4	92.8	39.7	70.8	0.5	243.6	24.8	0	4.36
03/09/2007	133.86	27.4	16.4	21.8	95.3	57.6	80	0.5	217.1	24.7	0	4.15
04/09/2007	128.13	27.8	15.6	21.6	95.8	54.6	80.9	0.4	219.2	24.2	0	4.02
05/09/2007	102.00	33.2	0	26	89.1	0	59.7	0.6	59.7	19.1	0	3.59
06/09/2007	138.47	28.9	17.4	22.5	92.8	46.7	74.8	0.5	209.6	19.3	0	3.52
07/09/2007	120.47	27.6	16.2	21.1	94.8	45.7	77	0.5	157.5	22.8	0	3.82
08/09/2007	90.92	26.8	15.9	20.9	95.9	56.7	82	0.6	175.8	21.9	0	3.68
09/09/2007	73.46	26.8	16.5	20.5	95.6	57.9	82.8	0.5	84	16.7	0	2.97
10/09/2007	111.03	27.9	16.5	21.7	92.8	45.3	75.6	0.5	195.3	22.2	0.2	3.75
11/09/2007	66.78	28	17.2	21.7	95.6	52.3	81.3	0.7	271.2	17	16.2	3.21
12/09/2007	20.94	25	16.9	19.5	95.5	62.3	88.8	0.5	23.5	10.5	5.8	2.09
13/09/2007	25.61	22.2	16.5	18.7	96	84.4	93.7	0.4	84	5.5	9.6	1.25
14/09/2007	34.87	25.6	15.8	20.8	96.4	63.6	85.4	0.5	275.6	21.5	0	3.46
15/09/2007	27.19	28.1	18.1	22.2	96.3	52.1	81.2	0.5	149.3	21.2	0	3.62
16/09/2007	19.68	27	16.3	21.3	95.6	61.8	84.3	0.5	176.4	19.3	0	3.25
17/09/2007	32.45	25.2	18.4	21.6	95.9	64.2	81.8	0.8	253.2	20.7	0	3.46
18/09/2007	63.03	26.4	16.8	20.9	89.5	53.7	76.2	0.6	287.9	17.2	0	3.01
19/09/2007	60.91	26	13.3	19.4	95.8	51.8	79.2	0.5	231.2	22.3	0	3.4
20/09/2007	76.97	30.5	15	22.7	94.9	44.8	75.7	0.8	120.5	19.4	0	3.63
21/09/2007	34.18	25.6	0	21.5	95.4	0	79.9	0.5	79.9	17.6	0	2.71
22/09/2007	37.48	27	15.8	20.2	96.4	58.9	83.9	0.5	299.1	18	0	2.98
23/09/2007	34.98	30.2	15.4	21.6	93	33.4	71.5	0.4	312.7	21.5	0	3.44
24/09/2007	79.75	29	16.4	22	95.8	48.3	77.1	0.4	249.3	21.1	0	3.41
25/09/2007	84.92	30.7	15.1	21.5	95	26.6	67.2	0.5	301.3	22.1	0	3.56
26/09/2007	72.46	27.2	13	19.6	95.2	40.1	70	0.4	278.7	19.8	0	3
27/09/2007	71.96	26.8	10.3	18.7	96.2	42.8	79	0.5	235.3	21.7	0	3.17
28/09/2007	70.57	25.2	13.9	18.9	96.3	62.4	85.9	0.6	167.6	14.6	0	2.42
29/09/2007	65.19	24.6	16.2	20.2	90.2	57	75.2	0.7	206	14	0	2.46
30/09/2007	51.59	25.7	19.8	22.2	87.9	65.4	78.7	1.3	187.4	14	0	2.76
01/10/2007	27.14	23.4	19.2	21.4	95.5	84.3	90.7	1	194	7.1	5	1.51
02/10/2007	33.39	21.8	14.4	18.1	96.4	75.3	93.2	0.4	78.1	7.2	22	1.39
03/10/2007	68.61	23	12.9	17.6	96.5	67.5	88.2	0.4	116.2	15.3	1	2.24
04/10/2007	88.54	23.8	13.4	18.1	96.3	58.9	85.9	0.5	111.4	17.3	0.6	2.51
05/10/2007	97.50	24	13.1	17.7	96.5	60.3	85.3	0.4	24.2	18.6	0	2.58
06/10/2007	121.70	25	12.3	18.2	96.3	54.8	83.5	0.4	271.9	17.9	0	2.53
07/10/2007	150.99	27	13.6	19.3	96.1	49.9	85.1	0.3	56.7	16.4	0	2.42
08/10/2007	196.39	29.7	14.2	21.5	95	34.8	68.3	0.3	14.2	16.4	0	2.51
09/10/2007	249.65	31.2	14.3	21.3	92.2	28.2	66.1	0.5	50.5	19.2	0	3.02
10/10/2007	284.15	30.2	14.8	20.6	92.9	31.2	68.5	0.6	45.9	19.4	0	3.09
11/10/2007	335.99	28.2	11.8	19.4	86.5	27.1	54.2	0.6	47.8	19.4	0	2.86
12/10/2007	326.06	25.8	12	18	81.5	30.3	54.1	0.7	54.1	19.1	0	2.77
13/10/2007	369.98	26.7	11.8	18.3	92.7	33.8	70.1	0.6	76.7	17.4	0	2.58
14/10/2007	275.47	27	14	19.3	92.6	52.4	77.1	0.7	98.8	14	0.2	2.36
15/10/2007	405.25	26.5	13.8	18.6	94.5	45.5	79.7	0.5	81.9	13.7	0.6	2.17
16/10/2007	341.92	26.6	14.6	19.2	95.3	49	77	0.5	41.3	17.1	0	2.46
17/10/2007	303.03	27.4	13.2	19.3	93.3	35.9	72.6	0.5	54.1	17.3	0	2.46
18/10/2007	336.97	28.2	11.2	19.2	89.4	25.7	58.5	0.7	56.1	17.7	0	2.7
19/10/2007	332.43	27.6	14.4	19.4	94.1	34.1	66.2	0.6	61.1	16.2	0	2.47
20/10/2007	348.13	27.6	13.4	18.6	94.7	36.9	76.6	0.5	35.3	17.2	0	2.41
21/10/2007	331.41	26	11.8	18.1	95.7	421	79.3	0.4	67.3	17.1	0	2.19

Q Caudal medio diario; T_{max} Temperatura máxima diaria; T_{min} Temperatura mínima diaria; T_{med} Temperatura media diaria; HR_{max} Humedad relativa máxima diaria; HR_{min} Humedad relativa mínima diaria; HR_{med} Humedad relativa media diaria; U Velocidad del viento diaria; DV Dirección del viento diaria; RS Radiación solar diaria; P Precipitación diaria; ET_o Evotranspiración potencial diaria.

Tabla 5(r). Caudal medio diario impulsado por la estación de bombeo del sector II de la CC.RR. “Palos de la Frontera” y datos climáticos correspondientes.

Fecha	Q (l/s)	T_{max} (°C)	T_{min} (°C)	T_{med} (°C)	HR_{max} (%)	HR_{min} (%)	HR_{med} (%)	U (m/s)	DV (°)	RS (MJ/m ² día)	P (mm)	ET _o (mm/día)
22/10/2007	294.13	25	10.5	17.3	96.5	35	80.3	0.6	286	16.7	0	2.23
23/10/2007	276.55	22.2	8.5	15.5	95.7	48.2	80.6	0.5	283.7	15.5	0.2	1.89
24/10/2007	110.50	19.6	10.9	15.1	94.7	64.5	86.2	0.3	12	7.4	5	1.17
25/10/2007	295.37	21.6	9.2	15.2	96.1	59.3	83.6	0.4	353.1	14.5	0	1.71
26/10/2007	307.31	22.3	9.3	14.7	95.9	48.6	82.3	0.4	33.8	15.3	0	1.75
27/10/2007	307.68	24.7	9.5	15.9	93.3	31.4	73	0.6	70	16	0	2.06
28/10/2007	276.12	24.6	10.6	16.6	91.2	34.7	68	0.7	43.8	15.9	0	2.13
29/10/2007	318.91	25.3	8.2	15.7	88.9	30.6	62.9	0.4	334.6	15.5	0	1.8
30/10/2007	313.93	24.6	9.9	15.9	95.3	31.8	70.5	0.5	25.1	15.2	0	1.86
31/10/2007	297.77	21.4	6.1	13.3	81.5	25.8	53.4	0.8	50.4	15.8	0	1.98
01/11/2007	313.48	22.8	7.7	14.3	67.2	32.5	52.7	0.8	58.6	15.4	0	2.04
02/11/2007	330.44	24.3	9.5	15.3	88.4	34	65.9	0.6	63.5	15.1	0	1.88
03/11/2007	301.84	23.9	9.9	15.6	88.4	37.7	65.5	0.7	59.9	13.5	0	1.86
04/11/2007	267.84	24.4	9.9	15.4	91.6	39	71.5	0.6	57.2	14.6	0	1.82
05/11/2007	281.82	26.5	8.8	15.6	88.5	25.8	64.6	0.6	56.3	14.9	0	1.94
06/11/2007	268.31	26.7	6.9	15.2	89.7	22.3	57.8	0.5	64.7	15	0	1.78
07/11/2007	279.71	24.5	6.5	14.6	94.7	36.2	69.8	0.5	68.8	14.3	0	1.63
08/11/2007	241.17	22.4	8.8	14.3	95.1	43.9	79.5	0.4	39.3	13.8	0	1.44
09/11/2007	220.72	24.6	7.7	14.2	94.4	27.8	71	0.3	51.2	13.4	0	1.34
10/11/2007	184.02	24	8.3	14.8	95.9	41.5	77.3	0.4	59.6	12.8	0.2	1.42
11/11/2007	184.74	23.4	8.7	14.3	95	41.5	80	0.5	47.6	11.9	0	1.44
12/11/2007	174.03	20.7	8.5	13.2	94.9	44.4	78.8	0.3	50.2	6.4	0	1
13/11/2007	136.90	22	4	11.9	93.6	31.4	70.2	0.3	53.7	11.6	0	1.13
14/11/2007	19.29	21.9	4.7	11.7	95.1	39.3	72.5	0.3	15.7	13	0	1.16
15/11/2007	191.50	21.4	3.3	11.7	84.6	28	56.3	0.7	58.5	13.4	0	1.53
16/11/2007	174.95	19.7	9.9	13	52.6	13.6	34.8	1	60.3	11.6	0	1.94
17/11/2007	170.17	20.2	7.1	12.7	71.7	19.9	41.2	0.7	60.5	9.9	0	1.49
18/11/2007	147.20	21	5.1	12.1	91.9	15.4	50.8	0.4	50.5	12.5	0	1.13
19/11/2007	106.30	19.4	7.9	14.6	92.6	65.2	83.4	0.9	145.8	5.9	0.2	1.09
20/11/2007	62.33	19.3	13.1	17.3	96.6	87	93.8	1.5	230.4	1.8	52.2	0.75
21/11/2007	130.57	19.1	8.8	13.1	96.6	55.1	86.2	0.3	50.1	10.2	0	0.97
22/11/2007	146.53	17.6	6.8	12.2	96.4	54.2	84.7	0.5	338.9	10.3	6.6	1
23/11/2007	148.89	17.9	4.7	9.8	95.8	60.4	88.9	0.3	49.7	8.6	0.6	0.83
24/11/2007	151.75	14.4	6.8	9.9	94.4	46	70.2	0.7	30	5.5	0	0.96
25/11/2007	163.90	18.5	4.3	11.2	87.9	41.7	65.7	0.7	39.5	12.3	0	1.18
26/11/2007	105.27	19.5	1.1	8.9	94.2	27.1	70.6	0.4	35.4	12.3	0	0.97
27/11/2007	116.34	18.9	3.3	9.4	94.3	43	78.7	0.3	39.5	11.7	0	0.86
28/11/2007	112.07	18.8	4.3	9.9	95.4	56.7	83.4	0.4	59.8	10.3	0	0.9
29/11/2007	167.57	17.5	3.6	9.3	96.2	52.5	86.4	0.3	50.7	11.2	0	0.8
30/11/2007	173.03	18.3	5.8	10.2	95.5	52	84	0.4	55.5	11.1	0	0.89
01/12/2007	199.24	18.8	5.2	10.6	95.5	48.6	82	0.3	5.5	10	0	0.82
02/12/2007	138.73	19.9	5.6	11.3	96	50.6	84	0.4	340.9	11.4	0	0.93
03/12/2007	182.54	16.6	6.2	10.1	96	57.4	87	0.4	342.6	10.7	0	0.81
04/12/2007	176.81	20.4	4.9	10.7	96.3	46.6	84.6	0.3	38.9	11.2	0	0.84
05/12/2007	193.01	20.4	4.1	11	95.9	49.2	83.2	0.4	19.6	11	0	0.91
06/12/2007	195.49	20.3	5.5	11.9	95.3	57.2	83.8	0.4	348.3	10.8	0.2	0.9
07/12/2007	22.18	17.4	5.7	10.7	96.3	56.6	83.8	0.5	344.1	9	0	0.84
08/12/2007	175.21	16.8	7.5	11.6	95.8	62.7	85.8	0.4	343.9	9.6	0	0.78
09/12/2007	119.74	17.4	5	10.9	96.3	79.1	92	0.2	326.1	4.6	0	0.61
10/12/2007	211.63	17.5	3.4	8.9	95.6	43.7	80.7	0.3	11.1	11.3	0.2	0.72
11/12/2007	170.75	17.6	2.5	9.8	93.5	31.6	60.7	0.8	52.3	11	0	1.12

Q Caudal medio diario; T_{max} Temperatura máxima diaria; T_{min} Temperatura mínima diaria; T_{med} Temperatura media diaria; HR_{max} Humedad relativa máxima diaria; HR_{min} Humedad relativa mínima diaria; HR_{med} Humedad relativa media diaria; U Velocidad del viento diaria; DV Dirección del viento diaria; RS Radiación solar diaria; P Precipitación diaria; ET_o Evotranspiración potencial diaria.

Tabla 5(s). Caudal medio diario impulsado por la estación de bombeo del sector II de la CC.RR. “Palos de la Frontera” y datos climáticos correspondientes.

Fecha	Q (l/s)	T_{max} (°C)	T_{min} (°C)	T_{med} (°C)	HR_{max} (%)	HR_{min} (%)	HR_{med} (%)	U (m/s)	DV (°)	RS (MJ/m ² día)	P (mm)	ET _o (mm/día)
12/12/2007	186.05	16.7	2.5	8.6	88.9	37.1	57.3	0.7	62.5	10.4	0	1
13/12/2007	167.64	18.5	3.9	9.2	87.7	41.6	70.2	0.5	58.5	11.2	0	0.89
14/12/2007	219.28	18.4	4.7	9.5	88.8	46.2	72.6	0.6	55.8	10.8	0	0.95
15/12/2007	201.43	16.7	1.3	8.2	93.8	36.1	73.8	0.5	51.3	11.1	0	0.83
16/12/2007	134.82	15.6	-0.3	7.4	95.1	44.2	76	0.5	69.9	11	0	0.77
17/12/2007	219.08	15.2	6.2	9.6	95.7	58.2	84.4	0.8	103.3	6.1	5.4	0.86
18/12/2007	158.61	15.9	6.3	11.5	96	61.9	80.3	1.2	111.8	4.2	0.2	0.97
19/12/2007	192.29	15.3	11.2	12.8	77	61.2	68	1	102.1	2.8	0	1.04
20/12/2007	187.84	14.15	10.05	11.8	86.15	64.6	77.4	1	87.9	3.1	4.1	0.91
21/12/2007	128.33	13	8.9	10.8	95.3	68	86.8	1	73.7	3.4	8.2	0.78
22/12/2007	178.65	15.9	9.3	11.9	94.8	70.1	87	0.8	60.2	4.9	0.6	0.8
23/12/2007	132.31	17.8	8.5	12.7	95.3	59.3	82.1	0.7	61.6	8.8	0	0.92
24/12/2007	205.23	19.1	6.7	12	95.5	51.1	82.5	0.4	45.3	10.2	0	0.82
25/12/2007	102.40	17	6.6	10.8	96	67.3	89.8	0.5	102.7	8.6	2.4	0.77
26/12/2007	216.74	15.3	5.4	9.8	95.7	55.6	84	0.7	348.2	10	1.4	0.85
27/12/2007	193.41	17.3	4.8	10	95	48.4	77.8	0.7	55.5	10.7	0.2	0.95
28/12/2007	226.32	17.7	4.5	9.5	95.2	46.9	79.2	0.5	56.9	10.8	0	0.85
29/12/2007	173.73	16.4	2.5	7.8	95.4	47.6	83.3	0.3	42.6	10.7	0	0.68
30/12/2007	161.33	17.2	3.6	8.1	95.3	47.7	83.1	0.4	53	10.6	0	0.78
31/12/2007	209.22	17.2	1.1	7.8	96.1	50.3	84.6	0.3	51.8	10.8	0	0.7
01/01/2008	82.4	17.9	3.6	10.1	96.1	53.2	86	0.5	111.5	9.7	0	0.85
02/01/2008	145.31	17.1	11.5	14.5	96.1	68.3	85.6	1.3	246	5.9	18.8	1.01
03/01/2008	109.60	15.7	7	11.8	95.2	60.2	84	1.4	277.5	5.9	13.2	1.08
04/01/2008	175.07	15.6	4.3	9	95.9	51.5	83.2	0.4	4.2	10.5	0	0.76
05/01/2008	190.78	16.5	3.1	10.4	95.6	61.6	86.1	0.2	132.2	8.7	0.4	0.68
06/01/2008	100.09	15.8	11.1	13.3	96.5	84.3	93.3	0.3	53.6	3.7	1	0.64
07/01/2008	190.05	18	6.8	12.7	96.1	58.9	84.3	0.2	11	8	0	0.74
08/01/2008	179.61	14.9	9.6	11.8	93.5	72.1	86.8	0.4	79.4	4.4	0	0.7
09/01/2008	167.78	17	10.2	12.6	95.7	70.3	89.6	0.3	51.4	5.6	1.2	0.73
10/01/2008	178.02	19.1	6.8	11.3	96.5	65.3	89.3	0.2	126.5	9.9	0	0.8
11/01/2008	185.90	18.4	6.1	11.2	96.6	73.1	89.8	0.7	328	7.3	3.6	0.88
12/01/2008	163.43	14.9	2.1	7	94.7	43.4	79.4	0.3	33.5	11.3	0.2	0.75
13/01/2008	116.86	15.4	2.3	9.6	95.1	61.3	86.8	0.9	130.7	5.3	2	0.93
14/01/2008	174.84	16.8	5.6	10.8	96.2	57	87.7	0.3	330	10.7	0.2	0.84
15/01/2008	208.72	17.4	3.9	11.3	96.4	66.2	84.2	0.6	249.4	10.8	0	0.97
16/01/2008	151.67	18.6	6.1	13.7	94.4	47.2	80.3	1	284.7	9	1	1.29
17/01/2008	212.89	17.3	4.9	10.1	96.1	61.7	87.2	0.3	333.8	11.1	0	0.88
18/01/2008	167.48	19.5	6.5	11.7	96.2	55.1	84.1	0.4	28.5	12	0	1.05
19/01/2008	203.69	21.6	2.9	11.9	96.2	43.7	79.4	0.4	51.9	12.3	0	1.12
20/01/2008	161.57	22.3	6.7	12.8	94.8	44.4	77.7	0.4	59.8	12	0	1.18
21/01/2008	236.47	20.4	5.7	11.7	95.3	52.9	82.7	0.3	45.7	12.3	0	1.05
22/01/2008	231.47	23.6	5.3	13.3	95.6	31	73.8	0.4	44.4	12.7	0.2	1.26
23/01/2008	220.48	22.2	6.2	11.7	95.8	32.4	76.2	0.6	52.4	12.1	0	1.43
24/01/2008	246.59	20.1	6.5	11.2	96.2	46.8	83.1	0.3	57	11.6	0	1.07
25/01/2008	225.53	18.6	6.4	11.1	95.2	50	79.3	0.5	59.6	9.9	0	1.12
26/01/2008	224.58	18.9	6.1	10.7	94	44.1	77.5	0.4	53.1	12.6	0	1.15
27/01/2008	103.22	19	5.8	10.6	92.2	39.5	74.2	0.6	55.8	12.7	0	1.33
28/01/2008	162.42	19.1	4.3	10.1	95.1	39.4	76.4	0.5	48.7	13.2	0	1.27
29/01/2008	163.87	19.9	2.5	9.3	96.2	47.2	84.5	0.4	51.1	12.8	0	1.2
30/01/2008	164.69	19.7	1.2	10.5	96.1	35.5	77	0.3	353.8	13.2	0	1.15
31/01/2008	132.20	18.6	3.2	9.3	95.9	47.9	81.2	0.3	30.8	13.2	0	1.14

Q Caudal medio diario; T_{max} Temperatura máxima diaria; T_{min} Temperatura mínima diaria; T_{med} Temperatura media diaria; HR_{max} Humedad relativa máxima diaria; HR_{min} Humedad relativa mínima diaria; HR_{med} Humedad relativa media diaria; U Velocidad del viento diaria; DV Dirección del viento diaria; RS Radiación solar diaria; P Precipitación diaria; ET_o Evotranspiración potencial diaria.

Tabla 5(t). Caudal medio diario impulsado por la estación de bombeo del sector II de la CC.RR. “Palos de la Frontera” y datos climáticos correspondientes.

Fecha	Q (l/s)	T_{max} (°C)	T_{min} (°C)	T_{med} (°C)	HR_{max} (%)	HR_{min} (%)	HR_{med} (%)	U (m/s)	DV (°)	RS (MJ/m ² día)	P (mm)	ET _o (mm/día)
01/02/2008	135.90	14.8	3.1	8.3	96.7	73	92.4	0.3	46.3	6.4	0	0.79
02/02/2008	151.46	18.3	0.7	9.5	96.8	59.3	86.9	0.3	134.8	10.8	1.4	1.07
03/02/2008	112.78	18.1	9.5	13.2	96.1	54.3	85.6	0.9	210.6	9	6.6	1.36
04/02/2008	125.17	18.5	7.1	13.1	95	53.7	82.4	0.4	294.8	12.3	0	1.29
05/02/2008	158.29	20.1	5.9	11.5	95.8	43.9	80.7	0.4	47	14.4	0	1.42
06/02/2008	152.92	19.9	3.7	11.2	95.3	45.9	80.1	0.4	56.4	14.5	0	1.42
07/02/2008	164.43	21.3	6.2	11.6	94.8	34.7	76.6	0.5	56.8	14.8	0	1.61
08/02/2008	165.96	22	6.3	12.1	94.3	34.5	73.2	0.6	59.5	15	0	1.76
09/02/2008	179.08	20.8	6.3	11.8	93.2	34.8	71.5	0.7	70.7	15	0	1.8
10/02/2008	155.22	20.4	5.6	11.3	91.9	33.5	71.2	0.6	71.9	15.2	0	1.72
11/02/2008	151.36	19.7	6.2	11.4	90.8	43	75.4	0.8	77.5	13.5	0	1.75
12/02/2008	185.96	19.8	6.3	11.6	92.3	43.4	71.4	0.8	72.5	14.2	0	1.79
13/02/2008	194.29	19.6	7.5	12.3	86.5	41.9	66.1	0.7	67.3	12.6	0	1.7
14/02/2008	187.69	19.8	6.9	13	91	40.6	66.2	0.8	70.4	12.3	0	1.77
15/02/2008	203.21	21.2	6.9	12.9	93.2	42.9	76.3	0.6	91.4	15	0	1.83
16/02/2008	154.70	21.4	7.6	13.1	92.9	40.5	72.7	1	86.6	14	0	2.11
17/02/2008	68.81	15.6	8.7	12.1	95.2	72.7	85	1.4	109.6	5.4	8.6	1.14
18/02/2008	168.22	19.8	11.8	14.8	96.4	68.2	81.9	1.3	128.2	10	35	1.63
19/02/2008	78.89	19.1	11.9	14.5	96.6	75.6	92.1	0.8	170.2	12.8	10.4	1.64
20/02/2008	134.39	18.3	9.9	13.4	96.5	73.7	91	0.4	190.6	8.8	0.2	1.26
21/02/2008	141.21	21.4	9.7	14	96.7	53.1	85.4	0.6	76	13.3	0.6	1.82
22/02/2008	112.36	17.6	9.9	12.7	95.3	66.1	88.3	0.8	80.7	4.6	2.4	1.11
23/02/2008	88.50	13.7	11.3	12.6	96.5	86.9	93.7	1.6	116.3	1.7	26	0.72
24/02/2008	81.39	19.9	10.8	14.7	96.5	61.7	87.4	1.1	125.2	12.8	0.6	1.91
25/02/2008	141.71	21.6	9.8	14.9	95.5	52.5	80.6	0.7	96.5	17.1	0.2	2.22
26/02/2008	167.10	23.2	9.3	14.6	95.9	45.5	80	0.5	54.8	16.9	0	2.2
27/02/2008	154.64	20.5	7.9	14	96.6	58.6	85.5	0.5	294.9	17.2	0	2.08
28/02/2008	163.33	19.6	10.1	14	96.1	61.4	86.4	0.7	289.4	18.2	0.2	2.22
29/02/2008	151.28	22.2	8.7	14.1	96.7	46.6	83.5	0.5	28.6	15.6	0.2	2.09
01/03/2008	184.24	23.2	8.5	15	95.1	46	78.4	0.6	38.6	18.6	0	2.46
02/03/2008	154.13	24.6	9	15.1	95.3	38	75.2	0.6	69.4	18.9	0	2.6
03/03/2008	161.32	22	6.7	14.2	96.2	42.9	77.8	0.5	83.7	18.8	0	2.36
04/03/2008	203.63	23.6	11.6	16.9	95.6	18.7	52.1	1.1	47.5	15.5	0	2.92
05/03/2008	344.50	17	5	10.8	67.2	18.1	34.4	1.4	49.6	20.8	0	2.98
06/03/2008	221.06	18.3	1.5	8.5	88.5	21	53.6	0.8	54.2	20.8	0	2.5
07/03/2008	216.30	21.2	1.3	10.9	93.9	25	59.3	0.6	2.6	20.8	0	2.53
08/03/2008	221.02	20	6.4	12.6	86.3	37.8	63.4	1.2	322.4	20.8	0	2.9
09/03/2008	208.73	20.7	7.1	12.9	92.1	37.6	66.7	0.9	310.7	14.8	0	2.38
10/03/2008	192.40	16.4	4.7	11.9	93.4	56.2	78.8	1.3	278.6	10.3	0	1.8
11/03/2008	212.44	24.3	10.2	15.9	93.3	41.1	75.5	0.8	306	20.3	0	3.02
12/03/2008	226.16	26.1	8.5	16.6	95.2	33.5	71.7	0.6	352.5	20.7	0	3.04
13/03/2008	238.62	24.8	9	15.8	94.1	39.5	74.6	0.6	31.1	19.2	0	2.83
14/03/2008	227.70	27.3	9.1	17.8	95	29.6	64.4	0.8	88.9	16.1	0	3
15/03/2008	238.00	20.4	10.8	16.2	91.6	52.3	73	1.2	278.1	21.2	0	3.04
16/03/2008	238.31	20	5.3	12.7	93.9	32	71.5	0.6	308.2	18.4	0	2.51
17/03/2008	237.91	18.8	5.3	12.8	95	49.9	77.7	0.9	288.7	18.9	0	2.56
18/03/2008	231.32	18.3	4.4	12.2	95.8	47.9	76.1	0.9	285.7	17.9	0	2.46
19/03/2008	128.40	15.6	4.3	10.7	95.8	81.7	92.2	1	115.1	6.6	34.4	1.17
20/03/2008	105.10	16.4	8.2	12.2	96.6	62.3	88	1.3	100.4	13.2	14.4	2.02
21/03/2008	163.24	19.8	7.8	13.1	93.1	50.7	75.9	1.1	327.6	21.7	0	2.99
22/03/2008	178.07	18.2	8.4	12.3	88.6	45.9	71.8	1.8	305.8	16.8	0.8	2.84

Q Caudal medio diario; T_{max} Temperatura máxima diaria; T_{min} Temperatura mínima diaria; T_{med} Temperatura media diaria; HR_{max} Humedad relativa máxima diaria; HR_{min} Humedad relativa mínima diaria; HR_{med} Humedad relativa media diaria; U Velocidad del viento diaria; DV Dirección del viento diaria; RS Radiación solar diaria; P Precipitación diaria; ET_o Evotranspiración potencial diaria.

Tabla 5(u). Caudal medio diario impulsado por la estación de bombeo del sector II de la CC.RR. “Palos de la Frontera” y datos climáticos correspondientes.

Fecha	Q (l/s)	T_{max} (°C)	T_{min} (°C)	T_{med} (°C)	HR_{max} (%)	HR_{min} (%)	HR_{med} (%)	U (m/s)	DV (°)	RS (MJ/m ² día)	P (mm)	ET _o (mm/día)
23/03/2008	179.98	16.8	4.5	9.9	84	24.9	57.4	1	335.4	23.9	0	3.05
24/03/2008	215.51	20.4	3.5	11.7	87.6	29.4	56.9	0.7	344	23.9	0	3.1
25/03/2008	216.49	19.9	6.6	13.1	89.4	37.1	66.3	1	314.8	23.1	0	3.23
26/03/2008	192.82	20.6	8.2	14	88	40.7	65.7	1.6	318.1	22	0	3.5
27/03/2008	229.17	20.2	8.6	13.8	92.7	48.6	75.2	1.2	286.5	16.5	0	2.74
28/03/2008	240.51	22.7	6.8	15.2	95	41.2	68.7	0.8	335.6	22.2	0	3.29
29/03/2008	258.86	22.9	9.3	15.9	94.5	40.2	72.3	0.7	292	24.1	0	3.49
30/03/2008	240.29	19.5	8.9	14.3	94.4	43.4	69.8	1.3	305.2	21.4	0.2	3.24
31/03/2008	255.56	22	5.5	13.5	85.7	27.3	58.9	0.8	338.5	24.8	0	3.53
01/04/2008	288.97	26.4	7.1	16.7	86.9	22.9	51.1	1	42.6	25.1	0	4.2
02/04/2008	290.39	26.7	7	16.1	80.1	15.7	49.8	0.9	89.4	25.7	0	4.23
03/04/2008	289.86	29.3	7.4	16.7	88.1	12.3	43.4	0.8	72.2	26.6	0	4.45
04/04/2008	307.85	26.4	6.5	16	91.9	21.3	58.2	0.6	142.4	26.4	0	3.92
05/04/2008	267.07	24.4	6	15.2	92.9	30.6	67.2	0.8	96.1	18.2	0	3.2
06/04/2008	236.02	20.5	10.1	15.3	95.4	69.3	84.9	1.1	178.9	18.2	0	2.78
07/04/2008	218.35	19.6	12.6	16.2	96.5	68.7	85.7	1.5	205.9	13.4	0.4	2.35
08/04/2008	131.23	17.4	12.6	15.1	96.7	83.4	94.5	1.7	208.9	2.2	71.6	0.94
09/04/2008	101.17	19	14.1	16.7	96.7	84.2	92.2	1.9	208.5	10.2	22.2	1.81
10/04/2008	102.66	18.7	11.4	15.5	94.5	59.2	79.9	2.3	242.2	15.4	12.4	2.79
11/04/2008	210.37	19.1	9.3	13.5	75.8	29.1	58	1.6	306.4	25.4	0	4.07
12/04/2008	227.56	19.2	6.3	13.1	91.8	35.5	67.2	0.9	313	24.6	0	3.49
13/04/2008	240.87	19.5	4.8	12.6	94.7	41.8	73.6	0.8	320.2	26.6	0	3.58
14/04/2008	266.35	22.8	7.7	14.5	95.5	32.2	70.5	0.6	36.8	24.9	0	3.65
15/04/2008	251.81	23.6	8.5	15.2	93	32.5	67.1	0.8	103.2	22.5	0	3.65
16/04/2008	230.86	20.8	10.9	15.9	92	29.9	62.5	1.1	274	21.5	0.4	3.63
17/04/2008	233.46	19.4	13.5	16.2	94.2	54.4	76	2.2	254.5	20.7	0.2	3.5
18/04/2008	234.51	18.3	12.4	15.6	94.2	56.5	72.3	2.5	254.6	27.2	3.4	3.97
19/04/2008	124.37	18.6	10.3	14.4	95	70.5	85.4	2.2	241	13.1	20.6	2.34
20/04/2008	174.81	17.4	10.3	13.9	95.3	58.8	76	1.9	272.8	21	2.2	3.16
21/04/2008	168.82	18.8	10.4	14.6	86.8	51.7	73.1	1.4	281.8	24.6	0	3.71
22/04/2008	271.47	19.3	8	14	94.6	43.9	76.1	0.9	313.2	27.7	0	3.89
23/04/2008	245.42	25	9.7	16.9	95.3	38.7	72.3	0.6	340.7	26.6	0	4.15
24/04/2008	271.22	28.8	10.7	19.4	95.3	32.8	68.7	0.7	42.6	27.2	0	4.68
25/04/2008	306.17	30	11.2	20.7	90.1	27.7	54.4	1.1	93.4	28.6	0	5.39
26/04/2008	305.72	28.9	10.4	18.9	89.6	20.7	57.4	0.6	15.5	28.2	0	4.7
27/04/2008	276.16	26.1	10.5	18	94.2	24.8	66.1	0.5	274.2	27	0	4.28
28/04/2008	277.56	24.2	11.2	17.3	94.9	28	63.1	0.8	330.8	22.2	0	3.88
29/04/2008	319.03	23.4	8	15.7	83	25.6	55.4	1.1	322	29.4	0	4.73
30/04/2008	332.51	21.6	6.9	13.9	94.2	28.4	70.4	0.9	320.9	25.9	0	4

Q Caudal medio diario; T_{max} Temperatura máxima diaria; T_{min} Temperatura mínima diaria; T_{med} Temperatura media diaria; HR_{max} Humedad relativa máxima diaria; HR_{min} Humedad relativa mínima diaria; HR_{med} Humedad relativa media diaria; U Velocidad del viento diaria; DV Dirección del viento diaria; RS Radiación solar diaria; P Precipitación diaria; ET_o Evotranspiración potencial diaria.