

Programa LIFE – Medio Ambiente de la Unión Europea



INFORME TÉCNICO CON BASE EN

INDICADORES DE TESTADO

Acción piloto desarrollada en: Parque “Castillo Palomar”

(Zaragoza –ESPAÑA-)



**INFORME TÉCNICO CON BASE EN INDICADORES DE TESTADO
Parque Castillo Palomar (Zaragoza)**

**OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164**



ÍNDICE

1 OBJETO.....	2
2 INTRODUCCIÓN.....	2
2.1 Análisis de la producción energética del equipo solar de Palomar	3
2.2 Grado de autonomía	4
2.3 Consideraciones y conclusiones	5
3 INDICADORES DE AHORRO HÍDRICO	8
4 INDICADORES DE CALIDAD DEL CULTIVO	10
5 INTERRELACIÓN DE INDICADORES	13
ANEXOS	15



INFORME TÉCNICO CON BASE EN INDICADORES DE TESTADO Parque Castillo Palomar (Zaragoza)

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164



1 OBJETO

El presente informe pretende plasmar las conclusiones técnicas alcanzadas en diferentes indicadores de testado extraídos por el equipo técnico y relativas al modelo implantado en la acción piloto desarrolla en Parque Castillo Palomar. A tal efecto, se han seleccionado los siguientes indicadores de testado:

Indicadores energéticos

- Energía producida a través de energías renovables. (Kw / mes)
- Eficiencia del sistema (consumo Kw/mes)
- Grado de autonomía.

Indicadores de ahorros hídricos

- Agua de red.
- Agua pluviales.

Indicadores de calidad del cultivo

- Calidad paisajística (nivel paisajístico óptimo).

Interrelación de indicadores (indicadores compuestos)

- Agua – Energía.
- Agua – Calidad del cultivo.

2 INTRODUCCIÓN

Dentro de las diferentes acciones que engloban el proyecto OPTIMIZAGUA se ha integrado el uso de energías renovables con el fin de alimentar el sistema de control de riego que rige cada una de las acciones piloto. Más concretamente, en la actuación ubicada en el Parque Castillo Palomar (Zaragoza) se ha incorporado un sistema de suministro basado en la energía solar como fuente energética.





2.1 Análisis de la producción energética del equipo solar de Palomar

Los datos sobre la energía producida y consumida por el sistema, para el intervalo de tiempo comprendido entre diciembre del 2004 y septiembre del 2005, se han tomado como muestra temporal suficientemente representativa para la elaboración del presente informe.

Puede observarse la obtención de un rendimiento promedio muy cercano al 110 % de las necesidades de consumo del sistema de control de riego.

Éste se debe, por un lado, a las tareas de obtención, procesamiento y envío de datos sobre el estado del terreno que realiza cada 15 minutos. Por otro, a la gestión y control rutinario que realiza por GPRS el usuario del parque. De aquí que se observe un consumo constante del equipo; los valores mensuales del cual varían solamente en función de los días correspondientes a cada mes. (Tabla 1)

Mes	Consumo mensual del equipo (Kwh/mes)
Diciembre-04	12,89
Enero 05	12,89
Febrero 05	11,64
Marzo-05	12,89
Abril-05	12,48
Mayo-05	12,89
Junio-05	12,48
Julio-05	12,89
Agosto-05	12,89
Septiembre-05	12,48

Tabla 1: Consumo energético del sistema

La producción energética del panel fotovoltaico es directamente proporcional a la radiación incidente y a la potencia instalada. Tal y como se observa en la siguiente tabla (Tabla 2), existe una variabilidad importante de dicha radiación en función de la época del año en la que nos encontremos.



INFORME TÉCNICO CON BASE EN INDICADORES DE TESTADO
Parque Castillo Palomar (Zaragoza)

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164



Mes	Total mensual de insolazione (MJ/m ²)	hsp/mes (horas pico de sol/mes)	Energía neta producida mensual (Kwh)
Diciembre-04	171,63	47,68	4,46
Enero 05	142,23	39,51	3,69
Febrero 05	261,5	72,64	6,79
Marzo-05	514,94	143,04	13,37
Abril-05	625,9	173,86	16,26
Mayo-05	710,06	197,24	18,44
Junio-05	796,65	221,29	20,69
Julio-05	829,83	230,51	21,55
Agosto-05	695,71	193,25	18,07
Septiembre-05	537,59	149,33	13,96

Tabla 2: Generación de energía por el sistema

2.2 Grado de autonomía

De los consumos del sistema de control del equipo de riego inteligente y la producción energética puede calcularse el promedio de autonomía obtenido. Éste valor –de promedio muy cercano al 110%- queda reflejado en la siguiente tabla

(Tabla 3). Se observa que los meses de máxima autonomía coinciden con aquellos en los que los niveles de radiación son también mayores.



Mes	Autonomía del sistema
dic-04	34,58
ene-05	28,65
feb-05	58,33
mar-05	103,74
abr-05	130,30
may-05	143,05
jun-05	165,84
jul-05	167,18
ago-05	140,16
sep-05	111,91
Promedio	108,37

Tabla 3: Niveles de autonomía del sistema energético





INFORME TÉCNICO CON BASE EN INDICADORES DE TESTADO Parque Castillo Palomar (Zaragoza)

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164



Para finalizar este apartado, se expone una gráfica (Gráfica 1) en la que se compara el consumo energético frente a la producción del equipo. En dicha, se plasman visualmente los datos expuestos en las tablas anteriores.

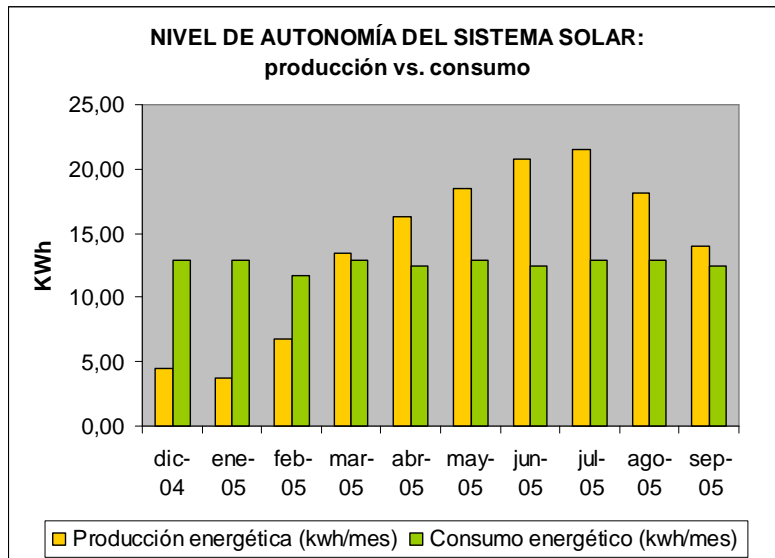


Gráfico 1: Nivel de autonomía del sistema energético

2.3 Consideraciones y conclusiones



Adicionalmente a las consideraciones y conclusiones indicadas con anterioridad, resulta necesario indicar, la siguiente batería de conclusiones alcanzadas por el equipo técnico relativas a la calificación del modelo desarrollado en materia tecnológica, energética, ambiental y económica:



- Tecnológicamente** es viable porque, una vez instalado un sistema solar, su mantenimiento es muy bajo. Además, con la experiencia adquirida en el resto de las acciones piloto se ha comprobado que la tecnología fotovoltaica presenta un elevado grado de compatibilidad con la tecnología del propio sistema de riego inteligente.
- Energéticamente** es viable puesto que se abastece de una fuente, el Sol, que es inagotable a escala humana y de la que Logroño, y España en general, es una gran beneficiada. Relacionado con este



INFORME TÉCNICO CON BASE EN INDICADORES DE TESTADO
Parque Castillo Palomar (Zaragoza)

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164



punto resulta interesante recordar que los Planes Energéticos, tanto a nivel europeo como estatal, han fijado como objetivo alcanzar, para el 2010, un abastecimiento energético del 12% procedente de fuentes renovables

- c) **Ambientalmente** es viable porque esta producción energética está libre de emisiones de CO₂, NO_x y SO₂, y consecuentemente, de las externalidades que comporta el uso de fuentes no renovables (Cambio Climático, lluvia ácida, producción de residuos radiactivos...).
- d) **Económicamente**, su viabilidad se debe a que la energía solar es una fuente energética gratuita. Por lo tanto, una vez hecha la inversión que contempla la instalación de la tecnología solar, los únicos gastos energéticos a considerar se relacionan con el mantenimiento del equipo –que, como ha sido especificado, es muy bajo-.

Expuestas a nivel global algunas de las consideraciones y conclusiones más representativas del modelo, y en aras de alcanzar satisfactoriamente el objeto del presente proyecto, se presenta por parte del equipo técnico la siguientes batería de consideraciones y conclusiones obtenidas a partir del análisis pormenorizado realizado en materia energética. Para ello, se ha tomando como eje del mismo la posición de partida en materia energética, según sectores objeto del proyecto OPTIMIZAGUA (parques y jardines, zonas residenciales y agricultura), así como las posibles potencialidades del modelo, siendo el resultado:

- a) **Respecto a los parques y jardines** tanto públicos como privados mencionar que, a pesar de que la red de abastecimiento energético suele llegar hasta ellos, es interesante la presencia de un sistema solar por distintas razones. Algunas de ellas son: asegurar el consumo eléctrico cuando hay cortes en la red, recurrir a una fuente *gratuita* y limpia de



INFORME TÉCNICO CON BASE EN INDICADORES DE TESTADO
Parque Castillo Palomar (Zaragoza)

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164



producción energética, y aprovechar la ubicación de la instalación para la demostración y divulgación del uso de energías alternativas para fines concretos.



- b) **Respecto a la situación energética** de los campos de cultivo es conocido su aislamiento de la red eléctrica. Frente a esta situación, hasta la fecha, la mayor parte de agricultores han recurrido al uso de grupos electrógenos para abastecer sus consumos. Es, por tanto, en este sector donde cabe ubicar las grandes potencialidades de un sistema de riego abastecido por fuentes renovables caso en el que la amortización de implementar una tecnología limpia será más rápida.

- c) En referencia al uso de sistemas de energías renovables para el suministro en sistemas de riego para usos residenciales, hay diversas consideraciones a valorar. Por un lado, el uso de estas fuentes de energía supone, en términos ambientales, una contribución a la sostenibilidad del edificio en cuestión y del modo de vida de sus habitantes. Esta contribución se podría considerar dentro de los criterios de construcción sostenible para su integración arquitectónica en edificios de nueva construcción o, bien, en el conjunto de medidas para la mejora del comportamiento ambiental de edificios ya construidos. Con ambas medidas se incrementa, consecuentemente, la eficiencia en el uso de la energía de los edificios.

- d) Por otro lado, es importante la función divulgativa que se realiza con una actuación en este sector, al estar enfocada la experiencia al conjunto de residentes, que incluye distintos grupos edades, sexos, condiciones laborales y sociales. En este sentido, supone una experiencia interesante por la implicación conjunta de todos estos sectores, y el intercambio de percepciones y opiniones que se produce entre ellos, sin duda un enriquecimiento y un paso adelante en el cambio de la percepción social respecto al uso de la energía.





**INFORME TÉCNICO CON BASE EN INDICADORES DE TESTADO
Parque Castillo Palomar (Zaragoza)**

**OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164**



3 INDICADORES DE AHORRO HÍDRICO

Sin lugar a dudas, los indicadores de testado relativos al ahorro hídrico demuestran la validez del modelo en el uso eficiente del agua aplicado al riego, tanto en el campo agronómico, como en el ámbito del paisajismo de jardines, parques públicos y espacios verdes privados.

En aras de facilitar el resultado de los mismos el equipo técnico ha estimado conveniente distinguir dos tipos de indicadores , siendo el resultado:

- **Indicador agua de red (*)**
- **Indicador agua pluviales (**)**

A tal efecto, se adjunta impresión digital del valor de los contadores y tabla resumen de los resultados obtenidos en la presente actuación.

TIPO DE RIEGO <Césped>	Área de testado (m2)	Días de ciclo	l/m2/día	m3 Totales	m3 ahorro	Pluviales (m3)	Ahorro con pluviales	Ahorro sin pluviales	% de pluviales sobre riego eficiente	% de pluviales sobre riego convencional
Contraste	5000 m2.	366	4,57	8.363*	4.423	315**	56,7%	52,9%	8%	3,8%
Inteligente	5000 m2	366	2,15	3.940*						

Resultado de datos registrados en la actuación –Parque Castillo palomar -



Impresión digital valor contadores –Parque Castillo Palomar-



INFORME TÉCNICO CON BASE EN INDICADORES DE TESTADO
Parque Castillo Palomar (Zaragoza)

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164



Tomando como base de análisis los valores indicados, podemos afirmar que la presente actuación ha permitido demostrar como resultado principal un elevado ahorro hídrico. En concreto, un 52,9 % sin tener en cuenta la reutilización de las aguas pluviales y un 56,7% en el supuesto de contemplarlas.



Los valores relativos al agua de red empleada se traducen en un consumo medio diario de 4,57 lm^2 /día en la zona de contraste y en 2,15 lm^2 /día en el área de riego inteligente.



En la misma línea, resultan reseñables los 315 m^3 de agua pluvial recogida y reutilizada posteriormente en su totalidad. Dicha cantidad, en términos porcentuales, ha supuesto un 8% del agua empleada en el área de riego inteligente. Cabe indicar, que dicho valor puede ser mejorado en un año de régimen normal de lluvias y en cultivos con necesidades hídricas inferiores.



Complementariamente a los beneficios ambientales indicados deben de ser contemplados los beneficios económicos generados a través del ahorro. A pesar de que en la actualidad el agua no se encuentra valorada económicamente en su justa medida, cabe indicar, que la tendencia es dotarle de un precio que motive el ahorro y penalice el despilfarro. Sin lugar a dudas, medidas, actuaciones y/o modelos similares al desarrollado en el presente proyecto pueden jugar un papel muy importante en la reducción de las facturas.





INFORME TÉCNICO CON BASE EN INDICADORES DE TESTADO Parque Castillo Palomar (Zaragoza)

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164



4 INDICADORES DE CALIDAD DEL CULTIVO

Para el desarrollo del presente apartado se ha tomado como base del mismo la analítica solicitada por ASAJA Aragón (socio del proyecto) r



Dada la naturaleza del cultivo implicado en la presente experimentación (césped ornamental) no ha sido posible la aplicación de indicadores dotados de reconocimiento internacional. Sirva a modo de ejemplo los utilizados en trigo y el maíz; índice de humedad , peso de los 1000 granos, contenido en proteínas ...



Por este motivo, el equipo técnico ha desarrollado un indicador específico capaz de cuantificar la calidad del césped en parques, jardines públicos y zonas verdes privadas. Dicho indicador, se ha denominado “nivel paisajístico óptimo” y toma como base los siguientes elementos de control:



- Textura de la hoja
- Intensidad del color
- Resistencia al pisoteo
- Resistencia a enfermedades
- Velocidad de crecimiento



Definidos los elementos de control se ha procedido por parte del equipo técnico a la toma de muestras aleatorias en ambas zonas de la experimentación (área riego inteligente y zona de contraste) hasta un total de cinco tomas. Posteriormente se ha procedido al contraste de las mismas alcanzando los siguientes resultados:

Textura de la hoja



INFORME TÉCNICO CON BASE EN INDICADORES DE TESTADO Parque Castillo Palomar (Zaragoza)

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164



- ▶ No se han apreciado diferencias visuales significativas.

Intensidad de color

- ▶ El césped de la zona de contraste presenta un color verde más intenso. Si bien, cabe indicar, que en ninguna de las muestras tomadas la intensidad de color en la zona de riego eficiente puede ser calificada como insuficiente dentro de la categoría de césped ornamental.



Resistencia al pisoteo

- ▶ Se observa un mejor comportamiento en la zona de riego eficiente. Cabe indicar, la diferencia existente en longitud entre ambas zonas. Dado que en la zona de riego inteligente el césped tiene una menor longitud su capacidad para retomar su estado original después de ser pisado se manifiesta superior a la de la zona de contraste.



Resistencia a enfermedades

- ▶ No se han producido plagas durante la experimentación que hayan permitido valorar el comportamiento. de



Velocidad de crecimiento

- ▶ En la zona de riego eficiente se ha conseguido disminuir el número de veces que se corta el césped.



Expuestas las conclusiones según elemento de control, podemos afirmar que la reducción del aporte hídrico generado en la zona de riego eficiente (56,7%) no ha mermado las características paisajísticas del césped. De hecho, se han generado efectos positivos entre los que destacan:



INFORME TÉCNICO CON BASE EN INDICADORES DE TESTADO
Parque Castillo Palomar (Zaragoza)

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164



- a) -Reducción del numero de cortes de césped
- b) -Reducción de emisiones a la atmósfera.
- c) -Ahorro de fertilizantes.
- d) -Reducción de la contaminación difusa.
- e) -Ahorros de costes y optimización de tiempos y trabajos (personal).





5 INTERRELACIÓN DE INDICADORES

Complementariamente a los apartados anteriores se ha estimado conveniente por parte del equipo técnico la realización de un análisis adicional tomando como base del mismo la relación existente entre los indicadores utilizados. A continuación se presentan los siguientes indicadores compuestos:

Indicador Agua-Energía

Refleja la repercusión en el consumo de energía derivada del ahorro hídrico

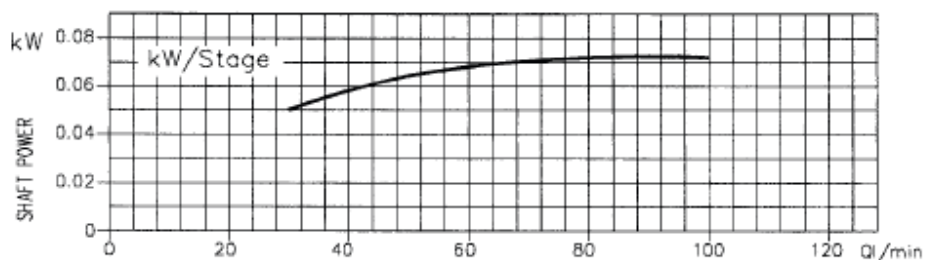
Indicador Agua – Calidad del cultivo

Cuantifica la incidencia directa sobre la calidad del cultivo derivada del aporte de agua.

Análisis Agua-Energía

Inicialmente, resulta necesario indicar, que la inmensa mayoría de zonas verdes precisan de grupos de bombeo, motobombas ó electrobombas para disponer de la presión y caudal necesarios para realizar las labores de riego. Dicha necesidad técnica, acarrea una serie de costes energéticos y medioambientales.

Dados los numerosos escenarios de bombeo que se pueden plantear se ha optado por seleccionar aleatoriamente un modelo de electrobomba cuyas características pudieran satisfacer las necesidades de riego de una zona verde de tamaño medio. A continuación se presenta el ábaco de consumo (Kw) y caudal (l/minuto) del modelo seleccionado.



Ábaco consumo energético (Electrobomba modelo 4BHS de EBARA)



**INFORME TÉCNICO CON BASE EN INDICADORES DE TESTADO
Parque Castillo Palomar (Zaragoza)**

**OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164**



A simple vista puede observarse que el consumo necesario para 30 l/min se sitúa en 0,05 Kw/h. En el supuesto de precisar un caudal de 60 l/min el consumo energético alcanzaría los 0,07 Kw/h. En decir, reduciendo el caudal en un 50% se ha generado un ahorro energético del 40%.



El presente ejemplo pone de manifiesto la relación existente entre la energía consumida y el caudal de agua necesario. Podemos afirmar, que el ahorro hídrico alcanzado en la presente actuación (56,7%) ha generado una reducción energética reseñable.



Análisis Agua-Calidad del cultivo

Antes de analizar la relación existente entre Agua-Calidad del cultivo , cabe indicar, que se ha tomado como base de la misma el concepto “ nivel paisajístico óptimo “ descrito en el apartado 4 del presente documento.



Además, de dar por reproducidas las argumentaciones y conclusiones del mismo, cabe indicar, que el césped utilizado en la presente actuación desarrolla una labor meramente ornamental. Definida la funcionalidad del cultivo, podemos afirmar, que un mayor aporte de agua (zona contraste) no ha generado un incremento de calidad respecto del césped utilizado en la zona de riego eficiente.





INFORME TÉCNICO CON BASE EN INDICADORES DE TESTADO
Parque Castillo Palomar (Zaragoza)

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164



ANEXOS





Memoria de cálculo

El presente anexo pretende detallar con mayor profundidad el procedimiento seguido para el cálculo del grado de autoabastecimiento energético en base a energías renovables que se ha obtenido en los prototipos instalados en el marco del Proyecto Optimizagua.

- Cálculo de la energía producida

Para el cálculo de la energía producida por los sistemas solares, se consideran los datos de partida que proporcionan las estaciones climáticas de los prototipos: cantidades mensuales totales de radiación incidente (en MJ/m²), medidas con células fotovoltaicas debidamente calibradas y diseñadas para ello. Por ejemplo, durante el mes de abril se registró en la estación climatológica un total de 494'47 MJ/m².

El resultado final se pretende dar en KWh, unidad energética comúnmente utilizada. Para ello hay que introducir una nueva unidad energética, factor de conversión intermedio, denominado *hora solar pico (hsp)*. Esta unidad, como indica su nombre, es el tiempo que correspondería a una hipotética irradiación constante del Sol de 1000 W/m². Se utiliza al ser este valor de irradiación el valor de referencia y de calibración en la producción de paneles fotovoltaicos. La equivalencia en este caso es la siguiente:

$$3'6 \text{ MJ} = 1 \text{ hsp}$$

Para el ejemplo del mes de abril,

$$494'47 \text{ MJ/m}^2 \cdot 1 \text{ hsp}/3'6 \text{ MJ} = 137'35 \text{ hsp}$$



INFORME TÉCNICO CON BASE EN INDICADORES DE TESTADO
Parque Castillo Palomar (Zaragoza)

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164



Una vez convertidos todos los valores de radiación a hsp, se procede al cálculo de la energía producida en función de la potencia de los paneles solares instalados en cada actuación. En el caso de El Avión el panel instalado es de 100 Wp, por lo tanto:



$13'7'35 \text{ hsp} \cdot 100 \text{ W} = 13735 \text{ Wh} = 13'74 \text{ KWh}$ de energía producida durante el mes de abril en esta localización.

Por último, este resultado corresponde a la energía neta producida, a la que se aplica un factor de rendimiento, dependiendo de las características de la instalación. En nuestro caso, la eficiencia del sistema instalado se ha estimado en un 85 %, por lo tanto el valor final de producción energética para el ejemplo del mes de abril es:



$13'74 \text{ KWh} \cdot 0'85 = 11'67 \text{ KWh}$ de producción neta de energía



- Cálculo del consumo de energía



Para esta operación, se descompone el cálculo en dos partes, según si el consumo es el habitual para el sistema de control (consumo en condiciones de trabajo) o un consumo inferior por inactividad del sistema, que corresponde al estado de *stand by* del PC de la Estación Concentradora. La justificación de este procedimiento se expone a continuación.



El consumo en condiciones de trabajo corresponde a aquellas operaciones del sistema de control de riego que se repiten periódicamente para su seguimiento y control. Como se ha comentado, se ha contabilizado el tiempo que destina el sistema a las tareas de obtención, procesamiento y envío de datos teniendo en cuenta que esta operación se repite cada 15 minutos. Además, se contabiliza el tiempo dedicado a la gestión y control rutinario que realiza por GPRS el usuario del parque. La suma de estos tiempos resulta en el total de minutos al





INFORME TÉCNICO CON BASE EN INDICADORES DE TESTADO
Parque Castillo Palomar (Zaragoza)

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164



día durante los cuales el sistema de control (el PC de la Estación Concentradora) trabaja al 100 %, en pleno funcionamiento, y por lo tanto durante los cuales el consumo energético es mayor. Ello supone un 23'3 % del tiempo de un día.



Por otra parte, el resto del consumo corresponde al tiempo durante el cual el PC del sistema de control permanece inactivo, y por lo tanto en estado de *stand by* y tiene un consumo energético considerablemente inferior. En *stand by* el consumo del sistema se reduce hasta más de $\frac{3}{4}$ partes del consumo condiciones normales de trabajo. El tiempo de funcionamiento en este estado supone el restante 76'7 % del día.

Así, en el ejemplo del mes de abril, el consumo debido al funcionamiento al 100 % del sistema (23'3 % del tiempo de un día, que podemos trasladar al tiempo de todo el mes) es de 7'7 KWh, mientras que el consumo del sistema en *stand by* (el restante 76'7% del tiempo) es de 4'25 KWh. Se obtiene un total de 11'95 KWh. Esta cifra es muy parecida en el resto de los meses, variando solamente en función de los días que tiene cada mes.

- Nivel de autoabastecimiento energético

Para el cálculo del nivel de autonomía del sistema se divide la energía producida por la energía consumida por el equipo, y se multiplica por cien para obtener valor en porcentaje. Con este proceso no se tiene en cuenta la capacidad de almacenamiento de la batería (su tiempo de descarga) para situaciones climatológicas desfavorables, que se estima de tres días de autonomía. Consecuentemente, se simplifica el cálculo y se obtienen unos resultados de autonomía energética ligeramente inferiores a los reales para los meses más desfavorables en lo que respecta a la radiación incidente.



INFORME TÉCNICO CON BASE EN INDICADORES DE TESTADO
Parque Castillo Palomar (Zaragoza)

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164



Para el ejemplo del mes de abril, partiendo de una producción de 11'67 KWh y un consumo de 11'95 KWh, el grado de autonomía –sin considerar la capacidad de acumulación-, es de:

$$(11'67/11'95) \cdot 100 = 97'65 \%$$



Se demuestra así que el grado de autoabastecimiento por energía solar es prácticamente total para este mes, como se concluye con este informe.

