



MANUAL DE USUARIO DEL SISTEMA ENERGÉTICO

ACTUACIÓN EN LA ZONA RESIDENCIAL “EL AVIÓN” (LOGROÑO)

OPTIMIZAGUA – Programa LIFE-Medio Ambiente

de la Unión Europea



OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

MANUAL DE USUARIO DEL SISTEMA ENERGÉTICO
ACTUACIÓN EN LA ZONA RESIDENCIAL “EL AVIÓN” (LOGROÑO)

ÍNDICE



| | |
|---|------------|
| 1. OBJETO..... | Pág.:3 |
| 2. BREVE DESCRIPCIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR FOTVOLTAICA..... | Pág.: 3-6 |
| 2.1. EL PAPEL DE LA ENERGÍA SOLAR EN EL PROYECTO OPTIMIZAGUA | |
| 3. COMPONENTES Y FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO SOLAR FOTVOLTAICO..... | Pág.:7-13 |
| 3.1. PANELES SOLARES | |
| 3.2. REGULADORES DE CARGA | |
| 3.3. BATERÍAS | |
| 3.4. CARGADOR AUTOMÁTICO | |
| 3.5. INVERSOR SENOIDAL | |
| 4. MEDIDAS DE SEGURIDAD Y CONTROL..... | Pág.:14-17 |
| 5. MANTENIMIENTO DE LA INSTALACIÓN Y POSIBLES PROBLEMAS..... | Pág.:18 |



OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

MANUAL DE USUARIO DEL SISTEMA ENERGÉTICO ACTUACIÓN EN LA ZONA RESIDENCIAL “EL AVIÓN” (LOGROÑO)

1. OBJETO

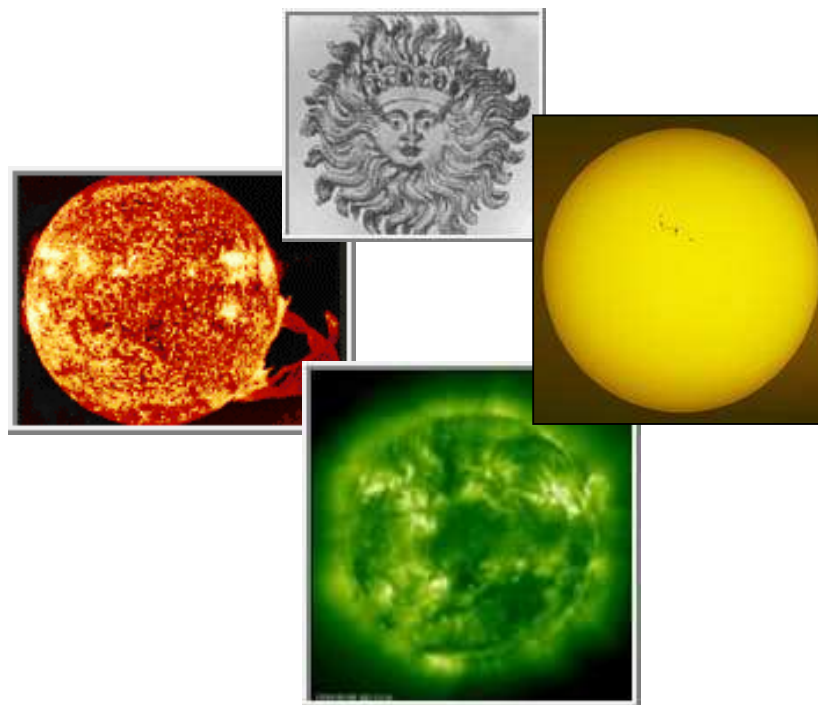
El presente *Manual de Usuario* se ha marcado como objetivo dar a conocer la *instalación solar* integrada en los prototipos del sistema de riego inteligente de la actuación en la zona residencial “El Avión”. Pretende ser, por lo tanto, una guía básica de referencia y ayuda para los usuarios del sistema solar.

Encontraremos diferentes apartados donde se especifican los distintos equipos que integran la instalación y el mantenimiento que se les debe atorgar para su correcto funcionamiento. A parte, también se aborda una breve introducción a la energía solar fotovoltaica por ser un sistema solar fotovoltaico el integrado en esta actuación.

2. BREVE DESCRIPCIÓN DE LA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

La tecnología fotovoltaica convierte la radiación procedente del Sol en electricidad. Es tan abundante la energía originaria de esta estrella que la cantidad que recibe La Tierra en 30 minutos es equivalente a toda la energía eléctrica consumida por la Humanidad durante un año. **(Imagen 1)**

Imagen 1: Distintas maneras de ver el Sol





OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

MANUAL DE USUARIO DEL SISTEMA ENERGÉTICO ACTUACIÓN EN LA ZONA RESIDENCIAL “EL AVIÓN” (LOGROÑO)

Consiste, según lo expuesto, en el aprovechamiento y conversión de la energía luminosa que recibimos del Sol en energía eléctrica, mediante células compuestas por materiales semiconductores –como el Silicio, elemento fundamental de las células solares y que se extrae de la arena-. Éstos al ponerse en contacto con la luz producen pequeñas corrientes eléctricas generando lo que se conoce como *efecto fotovoltaico*.

Asociando varias de esas células en serie y/o paralelo y protegiéndolas de la intemperie es como se construyen los módulos fotovoltaicos. Sus potencias están en función del número de células y de la configuración con que se dota cada modelo. De hecho, jugando con las conexiones de las células en serie y/o paralelo modificaremos la tensión o la intensidad del módulo en cuestión y, consecuentemente, se obtendrá una potencia resultante para cada modelo.

Las diferentes tecnologías fotovoltaicas, a pesar de utilizar el Silicio (monocristalino, policristalino o amorfo) como material básico, ofrecen células con características técnicas, formales y de aspecto diferentes. Por lo general son de color negro o azul oscuro y le confieren a los módulos fotovoltaicos estas mismas tonalidades. En el mercado hay una gran variedad de tipos de módulos (grandes, pequeños; con forma de placa, teja o ventana; rígidos o flexibles; con o sin soporte orientable mecánicamente; de distintas tonalidades como el negro, azul, pardo, amarillento...). En la actuación de “El Avión” se ha integrado un panel fotovoltaico de Silicio policristalino con forma de placa.

También es importante comentar que la potencia que proporcionan los sistemas fotovoltaicos varía en función de la radiación solar recibida y de la temperatura de las células. En este sentido, su potencia nominal se mide en *watts pico* (W_p); que es la potencia máxima que puede proporcionar la célula con una intensidad de radiación constante de $1000 W/m^2$ y a una temperatura de la célula de $25^\circ C$.

2.1. El papel de la Energía Solar en el Proyecto Optimizagua

Pueden destacarse varias razones que justifican la presencia de la energía solar dentro del Proyecto. Sin embargo, el objetivo básico perseguido ha consistido en dotar de





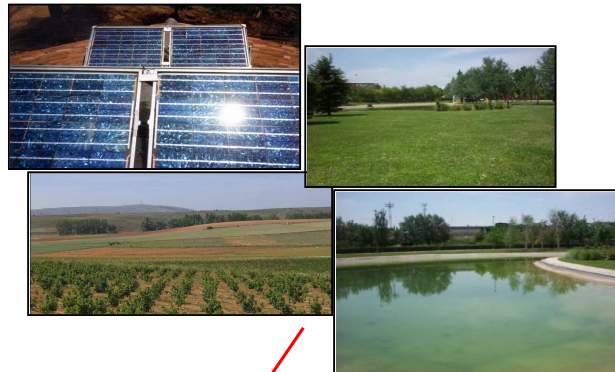
OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

MANUAL DE USUARIO DEL SISTEMA ENERGÉTICO ACTUACIÓN EN LA ZONA RESIDENCIAL “EL AVIÓN” (LOGROÑO)



mayor versatilidad y autonomía al prototipo de riego inteligente (**Imagen 2**). Y más todavía si se tiene en cuenta que muchas de las aplicaciones de este sistema de riego pueden situarse en lugares aislados cuyo abastecimiento energético no es fácil y resulta, por lo tanto, más costoso prolongar una línea eléctrica u otra alternativa que integrar una instalación fotovoltaica. En el resto de casos en los que sí se disponga de abastecimiento eléctrico, en cambio, se seguirá fomentando el uso de una fuente de energía renovable, limpia y totalmente gratuita.

Imagen 2: Combinación resultante de la energía solar con el prototipo del sistema de riego inteligente





OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

MANUAL DE USUARIO DEL SISTEMA ENERGÉTICO ACTUACIÓN EN LA ZONA RESIDENCIAL “EL AVIÓN” (LOGROÑO)



En nuestro caso, han sido consideradas las necesidades eléctricas del sistema de riego y las condiciones meteorológicas del lugar en cuestión con la finalidad de dimensionar el sistema así como concretar la mejor ubicación y orientación de los paneles y el resto de los elementos de la instalación.



Turismo, Medio Ambiente
Política Territorial





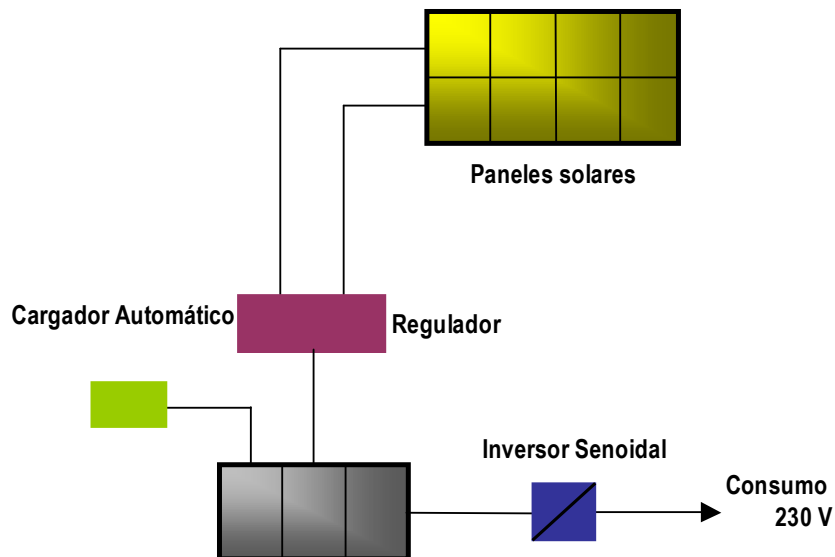
OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

MANUAL DE USUARIO DEL SISTEMA ENERGÉTICO ACTUACIÓN EN LA ZONA RESIDENCIAL “EL AVIÓN” (LOGROÑO)

3. COMPONENTES Y FUNCIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA

Tal y como se ha especificado en el **apartado 2** del dossier sobre **ALIMENTACIÓN ENERGÉTICA POR MEDIO DE DISPOSITIVOS DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS**, la instalación solar integrada se compone de los equipos que pueden observarse en la siguiente imagen (**Imagen 3**). Es una instalación preconcebida como una *instalación solar aislada*; es decir, capaz de abastecer el consumo energético del sistema de riego independientemente de la red eléctrica convencional. De todas maneras, ante inclemencias metereológicas se ha previsto dotar al equipo de una autonomía energética capaz de seguir alimentando el sistema. En caso de que ésta no sea suficiente, el *cargador automático* tomaría electricidad de la red convencional.

Imagen 3: Equipos y lógica de funcionamiento de los equipos implicados en la instalación de energía solar fotovoltaica





OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

MANUAL DE USUARIO DEL SISTEMA ENERGÉTICO ACTUACIÓN EN LA ZONA RESIDENCIAL “EL AVIÓN” (LOGROÑO)

Durante el presente apartado vamos a familiarizarnos con las funciones que desarrollan cada uno de los equipos especificados. Pero antes es necesario exponer una serie de conocimientos.



Un *generador fotovoltaico* está constituido por varios módulos fotovoltaicos junto con los cables eléctricos que los unen y con los elementos de soporte y fijación propios de la instalación. Este generador produce *electricidad en corriente continua* que, a partir de diferentes equipos electrónicos, puede *transformarse en corriente alterna*; con las mismas características que la electricidad de la red convencional.



Las funciones que desarrollan cada uno de los elementos expuestos en la **Imagen**

3 son:

3.1. Paneles solares o módulos fotovoltaicos

Son dispositivos encargados de convertir directamente la radiación solar en energía eléctrica de corriente continuo.

3.2. Regulador de carga

Las funciones que desarrolla este elemento en la instalación solar son las siguientes:

1. Conducir la energía de paneles a batería con el máximo aprovechamiento, mínimas pérdidas en diodo de bloqueo (tipo *Schottky*, con caída de tensión de 0.4 V).

2. Medir la intensidad que producida en los paneles y la tensión de la batería.

3. Proteger la batería con el corte por alta, de una sobrecarga cuando el proceso de carga máxima ha concluido, alargando las revisiones de nivel de electrolito en batería.

4. Prolongar la vida de la batería con el desconector de baja





OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

MANUAL DE USUARIO DEL SISTEMA ENERGÉTICO ACTUACIÓN EN LA ZONA RESIDENCIAL “EL AVIÓN” (LOGROÑO)

tensión, impidiendo la descarga excesiva.

5. Anunciar con un discreto aviso acústico, un estado de baja carga de la batería.

6. Por medio de una sencilla pulsación, se puede desconectar el sonido acústico, permaneciendo la señalización luminosa del estado de la batería.

7. En caso de estar períodos prolongados sonando, el consumo de alarma acústica es inapreciable. Esto es, de sólo 5 mA.

8. La señalización acústica y luminosa se repondrá automáticamente, cuando la batería recupere estados medios de carga.

9. Un consumo propio muy bajo de tan solo 20 mA en funcionamiento y de 60 mA cuando actúa el corte por alta.

A lo largo de la presente sección serán especificados el **modo de funcionamiento**, los **avisos de alarmas** integrados en el *regulador FOTON* y sus **características generales**.

Por lo que respecta a su funcionamiento y avisos de alarmas: cuando la tensión de carga alcanza un valor superior a 14'5 V se interrumpe el paso de corriente de paneles a la batería y el led de “BATERÍA CARGADA” se ilumina a partir de la energía procedente de los paneles. Si la tensión desciende un voltio, aproximadamente, se reconectarán los paneles a la batería y, por tanto, se apagará el led de “BATERÍA CARGADA”. Por otro lado, tenemos que los leds también permanecen apagados en el caso en el que la tensión de la batería se sitúa en unos valores normales.

Cuando el aviso de alarma está conectado y la tensión de la batería descienda por debajo de 11'3 V, el *Foton* avisará acústicamente y, simultáneamente, se encenderá un indicador de “BAJA BATERÍA”.





OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

MANUAL DE USUARIO DEL SISTEMA ENERGÉTICO ACTUACIÓN EN LA ZONA RESIDENCIAL “EL AVIÓN” (LOGROÑO)

Tal y como puede se puede observar en la **Imagen 4**, el regulador lleva incorporada una pantalla en la que se especifican los valores de voltaje de la batería y de su carga (es decir, de la intensidad de corriente procedente de los paneles solares).



Imagen 4: Vista de un regulador solar FOTON



Las características generales de este regulador en concreto:

| | |
|--|------------|
| <i>Tensión de corte por alta</i> | 14'4 V |
| <i>Tensión de alarma</i> | 11'3 V |
| <i>Intensidad máxima de paneles</i> | 25 A |
| <i>Intensidad máxima de utilización</i> | 30 A |
| <i>Consumo FOTON a 12 V</i> | 20 mA |
| <i>Consumo alarma acústica (sonando)</i> | 5 mA |
| <i>Temp de trabajo</i> | -20° a 60° |



C



OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

MANUAL DE USUARIO DEL SISTEMA ENERGÉTICO ACTUACIÓN EN LA ZONA RESIDENCIAL “EL AVIÓN” (LOGROÑO)

3.3. Baterías

Son los dispositivos encargados de almacenar la energía eléctrica producida por el sistema solar.

Debe recordarse que la energía generada antes de ser acumulada es *procesada* por los reguladores. De este modo, mientras las baterías estén descargadas y las condiciones meteorológicas lo permitan, el regulador irá aportando energía a las baterías. En ellas, a través de reacciones químicas, se transforma la energía eléctrica entrante en compuestos químicos reversibles. Esto significa que, cuando se realiza un consumo, el compuesto químico se disocia y cede la energía que había requerido para su formación. Durante los procesos de carga se escapa hidrógeno –un gas muy volátil- hacia el entorno. Así que *es aconsejable no fumar ni encender fuego en el interior de la caseta donde se ubican las baterías.*

3.4. Cargador automático

Es un dispositivo automático que carga las baterías con energía procedente de la red de distribución en caso de que las condiciones de radiación no sean suficientes para cargar las baterías.

3.5. Inversor Senoidal

Es un dispositivo electrónico encargado de convertir el voltaje de corriente continua procedente de las baterías en una corriente alterna de 220 V y 50 Hz.

El inversor que se puede encontrar en esta instalación es el modelo *Studer AJ 275-12*. Como resultado de la conversión se obtiene una onda senoidal pura y, consecuentemente, compatible con equipos o cargas que requieren de buena calidad de onda. **(Imagen 5)**



OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

MANUAL DE USUARIO DEL SISTEMA ENERGÉTICO ACTUACIÓN EN LA ZONA RESIDENCIAL “EL AVIÓN” (LOGROÑO)



Imagen 5: Vista de un inversor Studer



Trabaja a una tensión nominal de entrada de 12 V. Sin embargo acepta valores de tensión situados en el rango de 1.5-16 V. A 25° C su potencia nominal es de 200-275 VA.



En la siguiente página se detalla el esquema unifilar de la instalación en cuestión.

(Imagen 6)

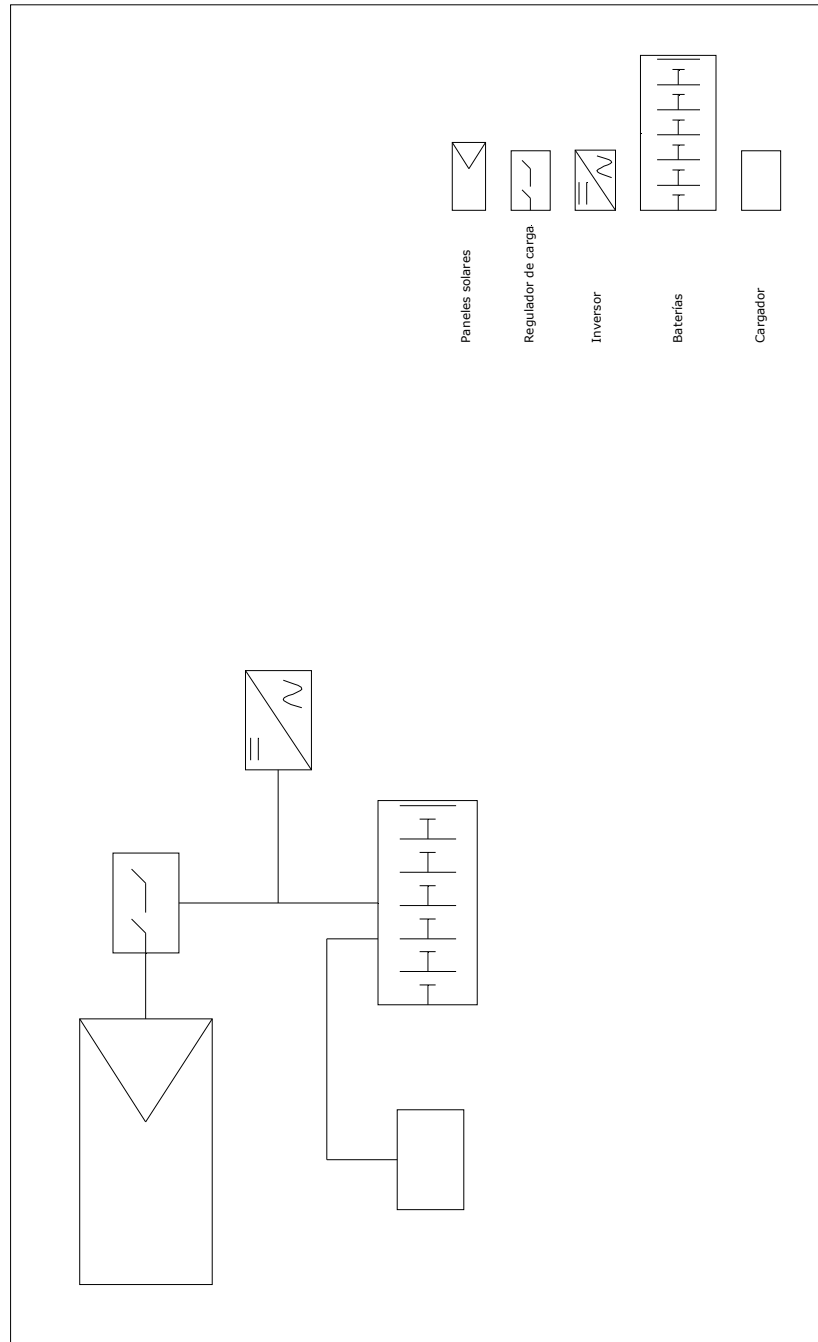




OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

MANUAL DE USUARIO DEL SISTEMA ENERGÉTICO ACTUACIÓN EN LA ZONA RESIDENCIAL “EL AVIÓN” (LOGROÑO)

Imagen 6: Esquema unifilar de la instalación solar





OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

MANUAL DE USUARIO DEL SISTEMA ENERGÉTICO ACTUACIÓN EN LA ZONA RESIDENCIAL “EL AVIÓN” (LOGROÑO)

4. MEDIDAS DE CONTROL Y SEGURIDAD

La instalación solar lleva integrados los elementos habituales de operación y protección. Por lo tanto, este tipo de instalación no debería suponer ningún riesgo para sus usuarios. Aún así, a lo largo de las siguientes líneas serán expuestas una serie de **medidas de control y seguridad** para que las posibles causas de riesgo existentes en el uso de la instalación solar no se materialicen o cuando menos se minimicen.

Por lo que respecta a los riesgos relacionados con el uso de las **baterías de acumuladores eléctricos de Plomo-ácido**:

- Riesgo de contacto y proyección de ácido sulfúrico fuertemente corrosivo, siendo de mayor gravedad en el caso de explosión con rotura del recipiente de la batería.
- Riesgo de contacto con la corriente eléctrica en la utilización de los equipos de carga.
- Riesgo de explosión ocasionado por el desprendimiento de hidrógeno (gas extremadamente inflamable y explosivo) y oxígeno en presencia de un foco de ignición. Este desprendimiento es débil con la batería en reposo o en descarga pero alcanza su valor máximo al final de la carga y especialmente si se somete a una sobrecarga. La generación de esos gases continúa durante aproximadamente una hora después de desconectar la corriente de carga.
- Riesgos mecánicos de caída de objetos pesados sobre los pies y sobreesfuerzos en operaciones de manipulación manual y mecánica. Riesgo de tropiezos con cables u objetos en lugares de paso.
- Riesgos higiénicos por inhalación de aerosoles de ácido sulfúrico.

Por las razones establecidas, antes de realizar alguna operación en una batería que ha sido cargada, es recomendable dejarla como mínimo una hora y ventilar cada celda





OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

MANUAL DE USUARIO DEL SISTEMA ENERGÉTICO ACTUACIÓN EN LA ZONA RESIDENCIAL “EL AVIÓN” (LOGROÑO)

con una corriente suave de aire proporcionada con un cartón rígido a modo de abanico u otro material no conductor para evitar el riesgo de contacto con los bornes y la consiguiente chispa tal como se comenta en el apartado siguiente.



La explosión puede ser externa a la batería si la acumulación de hidrógeno se da en el local de carga y también en el interior de la batería en donde la concentración fácilmente se encuentra en el rango de explosividad (4 a 79%). La rotura de la caja provocaría la proyección de ácido sobre el operario.



La zona de concentración peligrosa en las inmediaciones de la batería se define como un volumen finito por encima de las baterías, dentro de la cual es posible la ignición de la mezcla explosiva. La altura y anchura de esa zona peligrosa depende del caudal de gas desprendido. Esta definición parte del supuesto de la existencia de ventilación en el local, ya que en caso contrario la concentración de hidrógeno iría aumentando en todo su volumen con el consiguiente riesgo de explosión.



Por otro lado, referente a los *focos o fuentes de ignición* de posible presencia a evitar hay que considerar:



- Cerillas o encendedores utilizados para mirar el nivel de electrolito por los orificios de añadido de agua destilada.
- Llamas de sopletes para soldadura o corte. Estas operaciones se deben realizar en lugares apartados y establecer permisos de trabajos especiales.
- Chispas de equipos de soldadura al arco eléctrico. Igual que en el caso anterior.
- Chispas por cortocircuitos con herramientas u objetos metálicos que entren en contacto con los bornes de la batería. Se pueden evitar cubriendo los bornes con capuchón aislante y utilizando herramientas aislantes..
- Fumar cigarrillos. Debe estar totalmente prohibido.
- Chispas en la conexión o desconexión de la batería con el cargador. Se debe realizar la operación con el interruptor del cargador desconectado. Si no dispusiera





OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

MANUAL DE USUARIO DEL SISTEMA ENERGÉTICO ACTUACIÓN EN LA ZONA RESIDENCIAL “EL AVIÓN” (LOGROÑO)



de ese interruptor, el cargador debería estar desconectado de la toma de corriente alterna antes de conectar o desconectar la batería al cargador. Los conectores deben llevar marcadas sus polaridades para evitar confusiones y daños a la batería.



El mayor riesgo con el ácido de la batería se da en caso de salpicadura a los ojos. Se debe actuar de inmediato, rociando agua corriente sobre la parte afectada al menos durante varios minutos y con examen médico lo antes posible. No se debe utilizar disolución neutralizadora. Debería procurarse atención médica inmediata.



Si el contacto del ácido es con la piel también se debe lavar con abundante cantidad de agua. En caso de resultar con quemadura se debe seguir tratamiento médico. Como medida de protección en las situaciones de proyección de ácido, se requiere disponer de ducha y fuente lavaojos a una distancia máxima de 10 m de los puestos de trabajo, libres de obstáculos y debidamente señalizadas. Se deberán probar como mínimo una vez por semana y repararse de inmediato en caso de observarse alguna deficiencia.



Las salpicaduras menores de ácido sobre la ropa de trabajo se pueden neutralizar con una disolución débil de amoníaco (hidróxido amónico) o una disolución de bicarbonato sódico. El amoníaco no deja residuo al secar. Para salpicaduras de mayor extensión se requiere cambio de ropa y su lavado rápido para eliminar el ácido y evitar daños al tejido. Existen prendas y calzado resistentes a los ácidos.



Por lo que respecta al resto de la instalación, las medidas de control y seguridad a tomar son las que se adoptarían delante de cualquier **riesgo eléctrico**. Por lo tanto, durante la manipulación del sistema solar debe evitarse la circulación de una corriente eléctrica por el cuerpo humano bien sea porque éste ha entrado en contacto con un circuito eléctrico, exista un circuito cerrado o una diferencia de tensión.



Cabe recordarse que la gravedad de las lesiones aumenta con la intensidad de la corriente y con la duración del contacto eléctrico. La intensidad que circula por el cuerpo



OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

MANUAL DE USUARIO DEL SISTEMA ENERGÉTICO ACTUACIÓN EN LA ZONA RESIDENCIAL “EL AVIÓN” (LOGROÑO)



humano es mayor cuando aumenta la tensión a la que está sometido el accidentado y menor cuando aumenta la resistencia de paso por el cuerpo. Lo especificado está de acuerdo con la ley de Ohm; según la cual, la intensidad es directamente proporcional a la tensión e inversamente proporcional a la resistencia.



Respecto a las precauciones frente el riesgo eléctrico se diferencian dos grupos. En ambos casos, **si sucediera una avería o incidente, cortar la corriente como primera medida.**

- Precauciones frente *contactos eléctricos directos*. Aquellos en los que la persona entra en contacto con una parte activa de la instalación que, en condiciones normales, puede tener tensión (conductores). En este caso, debe recordarse que en la instalación se trabaja a 24 V de corriente continua hasta la salida del inversor; a partir de la cual hay tensión de 230 V en corriente alterna. Tanto en una parte como en la otra, los conductores eléctricos mantienen su aislamiento en todo el recorrido y los empalmes y conexiones se han llevado a cabo de forma adecuada. Por lo tanto, realizando un mantenimiento y buen uso del estado de los conductores no se debería desencadenar ningún tipo de imprevisto.



En esta sección también debe ser recordado que antes de manipular el inversor se tiene que desconectar puesto que se trabaja a una tensión de salida en la que pelagra la vida.

- Precauciones frente *contactos eléctricos indirectos*. Aquellos en los que la persona entra en contacto con algún elemento que no forma parte del circuito y que, en condiciones normales, no debería tener tensión, pero que la ha adquirido accidentalmente. En este sentido, debe evitarse manipular las instalaciones eléctricas cuando accidentalmente se encuentren mojadas o, bien, si el operario tiene los pies o manos mojados.





OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

MANUAL DE USUARIO DEL SISTEMA ENERGÉTICO ACTUACIÓN EN LA ZONA RESIDENCIAL “EL AVIÓN” (LOGROÑO)

5. TAREAS DE MANTENIMIENTO DE LA INSTALACIÓN SOLAR

En principio, las instalaciones fotovoltaicas gozan de larga duración, son silenciosas y se caracterizan por su simplicidad. Este también es el caso de la instalación solar integrada en el Proyecto en la que las labores de mantenimiento básicamente se ciñen a:

- Mantener los niveles de electrolito en las baterías. Esta acción consiste en añadir *agua destilada* hasta el nivel que se indica en cada uno de los vasos de las baterías de acumulación.
- Limpiar las placas fotovoltaicas, como mínimo, un par de veces al año para que no disminuya su rendimiento por la suciedad acumulada.
- Evitar que se estropeen los conductos eléctricos, protegiéndolos contra quemaduras por estar cerca de una fuente de calor, con sustancias corrosivas o por cortes producidos por útiles afilados.
- Contratar un servicio cualificado de mantenimiento –Esoltef se hará cargo del mantenimiento hasta que finalice el Proyecto 30/09/06- que se encargue de verificar el estado de las clavijas, cajas de conexiones, cuadros eléctricos las conexiones eléctricas... (considerando el Reglamento de Baja Tensión MIE BT 042) así como también de los diferentes equipos integrantes del sistema y de las pautas de mantenimiento que se han ido citando durante el presente Manual.





**OPTIMIZAGUA LIFE03
ENV/E/000164**

INFORME DE LA ACTUACIÓN

EN LA ZONA RESIDENCIAL “EL AVIÓN” (Logroño)

**OPTIMIZAGUA – Programa LIFE-Medio Ambiente
de la Unión Europea**



INFORME DE LA ACTUACIÓN EN LA ZONA RESIDENCIAL “EL AVIÓN” (LOGROÑO)

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

ÍNDICE

1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO OPTIMIZAGUA.....Pág.: 3-11



- 1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO OPTIMIZAGUA
- 1.2. MARCO CONTEXTUAL: EXPOSICIÓN DE OBJETIVOS
- 1.3. SELECCIÓN Y DELIMITACIÓN DE LAS ZONAS DE ACTUACIÓN
- 1.4. SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUAS PLUVIALES
- 1.5. EL SOL Y EL VIENTO: FUENTES DE ENERGÍA LIMPIAS INTEGRADAS EN EL PROYECTO OPTIMIZAGUA

2. INFORME TÉCNICO DE EXPERIENCIA PILOTO EN JARDINES DE USOS PRIVADOS: “RESIDENCIAL EL AVIÓN” Pág.: 12-26



- 2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ACTUACIÓN: LOCALIZACIÓN Y PECULIARIDADES
- 2.2. CLIMATOLOGÍA DE LA ZONA
- 2.3. DEFINICIÓN DE LAS ZONAS DE TESTADO Y CONTRASTE
- 2.4. EL CÉSPED: ESPECIE IRRIGADA CON EL SISTEMA DE RIEGO INTELIGENTE
 - 2.4.1. Generalidades del césped
 - 2.4.2. Mantenimiento del césped: requerimientos hídricos y ciclo
- 2.5. SISTEMAS Y EQUIPOS INTEGRANTES DEL “RESIDENCIAL EL AVIÓN” COMO ACTUACIÓN EXPERIMENTAL
 - 2.5.1. Sistema de recogida y almacenamiento de aguas pluviales
 - 2.5.2. Sistema de suministro y bombeo de las aguas almacenadas

- 2.6. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ENERGÉTICA POR MEDIO DE DISPOSITIVOS DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS





INFORME DE LA ACTUACIÓN EN LA ZONA RESIDENCIAL “EL AVIÓN” (LOGROÑO)

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164



1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO OPTIMIZAGUA

El Proyecto Optimizagua, desarrollado en el marco del Programa Life-Medio Ambiente de la Unión Europea, pretende demostrar el potencial ahorro hídrico que puede obtenerse en diferentes usos de riego. Desde cultivos agrícolas hasta parques públicos o zonas verdes de viviendas. Todo ello mediante la combinación de “sistemas de riego inteligente” con sistemas tradicionales de recogida y almacenamiento de aguas pluviales en aljibes.



Los sistemas, tecnologías y lógicas de funcionamiento aplicados permiten, por una parte, el aprovechamiento de las aguas pluviales para usos de riego. Consiguiendo, de esta manera, una reducción del consumo de agua proveniente de las redes públicas de abastecimiento. Por otro lado, también permiten corregir los importantes desvíos de aporte hídrico que se producen cuando se riega en condiciones climatológicas adversas o bien cuando las necesidades hídricas de las plantas ya están cubiertas.



Los prototipos de riego inteligente evaluados en el presente proyecto se alimentan con energías renovables con la finalidad de atorgarles una mayor versatilidad. Básicamente se componen de sensores de humedad y de una estación meteorológica que controla la pluviometría, temperatura, velocidad y dirección del viento. Toda esta información es procesada para determinar la acción del riego y registrada para su posterior transmisión y análisis.



1.2. MARCO CONTEXTUAL: EXPOSICIÓN DE OBJETIVOS

El agua como recurso escaso presenta abundante normativa orientada a fomentar su uso eficiente tanto desde el punto de vista de su cantidad como de su calidad.

A nivel español, si la agricultura se convierte en el principal consumidor de agua (65%); la demanda, para riegos de parques y jardines públicos y de zonas verdes privadas, es de carácter creciente. Este incremento de riego presenta como problema añadido, frente





INFORME DE LA ACTUACIÓN EN LA ZONA RESIDENCIAL “EL AVIÓN” (LOGROÑO)

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164



al riego en la agricultura, una mayor necesidad de aportes hídricos derivados de dos parámetros claves en función del tipo de cultivo: nivel de demanda hídrica y el período que dura su ciclo (Tabla 1). Mencionar, como ejemplo, que el *césped como cultivo tipo de zonas verdes de ocio demanda un elevado aporte de riego: 4-8 L/m² al día durante un ciclo de 365 días al año.*



Tabla 1: Ejemplos, por cultivo, de demandas hídricas y duración de sus ciclos vegetativos.

| CULTIVO | DURACIÓN CICLO (días) | CONSUMO (L · m ² /día) |
|---------|--------------------------|--------------------------------------|
| Trigo | 222 | 1'03 |
| Maíz | 162 | 4'35 |
| Césped | 385 | 4'10 |



En este sentido, la acción experimental propuesta se dirige a la obtención de ahorros hídricos significativos actuando sobre variables distintas del problema. Esto es, conseguir eficiencias en consumo sin detrimento de calidad de cultivos y, además, optimizar a través de la reutilización y regulación hídrica de aguas pluviales reservas adicionales para aportes de riego.



Las pretensiones, anteriormente expuestas, no se ciñen exclusivamente al ámbito agrícola sino que también abordan la eficiencia de consumos de agua en usos de riego con fines ornamentales o de ocio. Caso, este último, donde es habitual encontrar riegos sin control de eficiencia y con elevados consumos de agua incrementados por una clase de cultivo –el césped- con ciclo anual completo y elevada demanda hídrica.



El prototipo integrado comporta un grado de innovación respecto a que *los sistemas automáticos de riego actuales poseen un elevado índice de rigidez.* En la mayoría de casos sólo permiten realizar *riegos lineales.* Esto es, programar el horario de riego a nivel de duración, hora de comienzo y de finalización sin tener en cuenta las necesidades hídricas





INFORME DE LA ACTUACIÓN EN LA ZONA RESIDENCIAL “EL AVIÓN” (LOGROÑO)

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164



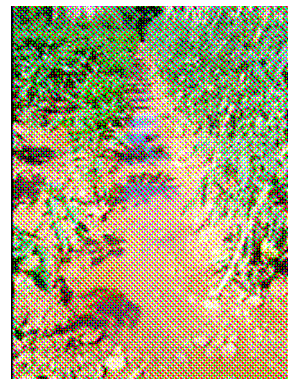
del cultivo, ciclo vegetativo ni las condiciones climáticas de la zona. Derivándose de esta lógica de funcionamiento una multitud de problemas entre los que destacan:

- Estrés hídrico o, expresado de otra manera, falta de agua por parte de la planta. **(Imagen 1)**
- Generación de despilfarros hídricos debidos, en parte, a la simultaneidad de riego en días de lluvia.
- Poca uniformidad en la dispersión del agua de riego como consecuencia de la acción del viento.
- Generación de escorrentías superficiales cuando la intensidad del riego es superior a la capacidad de infiltración del suelo o, bien, por una percolación profunda (exceso de riego) **(Imagen 2)**. Tanto del primero como del segundo de los casos se pueden desencadenar importantes procesos de erosión del horizonte superficial de subsuelo o bien el deterioro de la calidad de las aguas de retorno del riego. Esto último debido a que hayan sido arrastrados abonos y productos fitosanitarios, movilizadas sales del subsuelo...
- Desajustes entre el aporte hídrico y las necesidades de la planta provocando un aumento de materia verde y, consecuentemente, de un medio propicio para el desarrollo de enfermedades. **(Imagen 3)**

Imagen 1: Estrés hídrico del maíz



Imagen 2: Percolación profunda



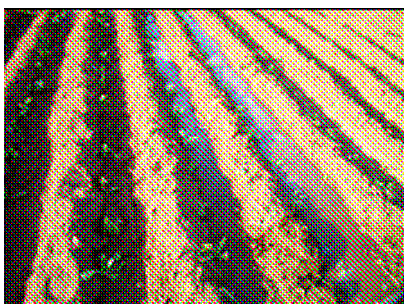


INFORME DE LA ACTUACIÓN EN LA ZONA RESIDENCIAL “EL AVIÓN” (LOGROÑO)

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164



Imagen 3: Desajustes entre
aportes y necesidades hídricas



De algún modo, todos los perjuicios descritos pueden englobarse bajo una denominación común: *el empeoramiento de la calidad paisajística y la generación de impactos ambientales negativos en aquellas zonas que utilizan esta tipología de riego lineal*. Pero no simplemente se desencadenan pérdidas ambientales sino que también pueden ser contabilizadas una serie de pérdidas económicas. Desde el momento en el que cada litro de agua con el que se riega tiene un coste económico; es lógico pensar que un despilfarro de agua se traducirá en pérdidas monetarias.

Por ejemplo, es interesante comentar que *España dispuso 4.783 Hm³ de agua para el abastecimiento público urbano durante el año 2002*. De esta cantidad, un 80'6% - esto es, 3.856 Hm³- se distribuyó para el consumo de familias, empresas, consumos municipales...El 19'4% restante se perdió en las redes de distribución a través de fugas de las tuberías, roturas... Por tanto, si tenemos presente que en este mismo país el precio medio total del agua es de 0'81 €/m³ –según encuestas realizadas por el Instituto Nacional de Estadística el año 2002- están vertiendo 92 millones de euros en forma de pérdidas de agua.

La idea que se acaba de expresar debe aplicarse en el abastecimiento público urbano de agua. Por lo que respecta *al sector agrario*, durante el 2002 se consumieron 17.1150 Hm³ –según datos publicados por el Instituto Nacional de Estadística- a un precio de referencia de 0'020 €/m³ –tarifa del año 1999-. De este volumen total, al igual que en el caso anterior, una parte se destinó directamente al riego mientras que otra parte se tradujo en formas de pérdidas. Y, como es de suponer, en función del cultivo y la técnica de riego



INFORME DE LA ACTUACIÓN EN LA ZONA RESIDENCIAL “EL AVIÓN” (LOGROÑO)

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

utilizada, los consumos hídricos varían. Aspecto que debería ser considerado en el momento de decidir qué especies cultivar y dónde. (Tabla 2)



Tabla 2: Consumos hídricos por tipo de cultivo y técnica de riego en España

| | 2001 | 2002 | Tasa % |
|-------------------------------|-------------------|-------------------|------------|
| Por tipos de cultivo: | m ³ | m ³ | |
| <i>Herbáceos</i> | 6.795.454 | 6.572.731 | -3.2 |
| <i>Frutales</i> | 2.766.151 | 2.598.797 | -6.1 |
| <i>Olivar y viñedo</i> | 1.142.552 | 1.049.888 | -8.1 |
| <i>Patatas y hortalizas</i> | 1.418.472 | 1.248.250 | -12.1 |
| <i>Otros tipos de cultivo</i> | 4.540.409 | 5.613.470 | 23.6 |
| Total | 16.663.038 | 17.083.136 | 2.5 |
| Por técnicas de riego: | m ³ | m ³ | |
| <i>Aspersión</i> | 2.593.248 | 2.747.096 | 5.9 |
| <i>Goteo</i> | 1.533.254 | 1.348.500 | -12.1 |
| <i>Gravedad</i> | 10.830.286 | 11.351.175 | 4.8 |
| <i>Otros</i> | 1.706.250 | 1.636.365 | -4.1 |
| Total | 16.663.038 | 17.083.136 | 2.5 |

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas (Encuesta del agua 2002)

A modo de resumen concretar que, los fines perseguidos por Optimizagua, consisten en:



Objetivo General:

1 Demostrar ahorros significativos de consumos de agua (35-50 %) en diferentes usos de riego.



Objetivos Específicos:

1. Experimentar, testar y validar modelos integrados innovadores de aplicaciones de inteligencia artificial en sistemas tradicionales de regulación



INFORME DE LA ACTUACIÓN EN LA ZONA RESIDENCIAL “EL AVIÓN” (LOGROÑO)

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164



hídrica a través de cuatro acciones piloto (dos en agricultura, jardines públicos y zonas verdes de viviendas privadas).

2. Analizar, parametrizar y modelizar bajo indicadores coste/beneficio ambiental, modelos óptimos para distintas aplicaciones en usos de riego.
3. Minimizar las actuales desviaciones hídricas generadas por un aporte hídrico superior al mínimo requerido.
4. Difundir modelos y resultados a gran escala y por niveles de destinatarios de cada aplicación testada (agricultores, autoridades, locales y arquitectos).
5. Integrar durante la implementación del Proyecto, aquellos documentos guía relevantes de la Directiva Marco.



Al mismo tiempo, deben considerarse otros aspectos que también engloba el Proyecto en cuestión. Como por ejemplo, que en todas las actuaciones se integran sistemas de reutilización de aguas pluviales. Favoreciéndose, de este modo, la obtención de ahorros hídricos perseguidos.



Tal y como se acaba de citar, se parte de cuatro tipos de cultivo y sus necesidades concretas de aportes hídricos a los que se aplicará un sistema inteligente combinado e integrado con sistemas de tradición histórica en la regulación hídrica. Junto a esta tecnología se integrarán dispositivos de energías limpias (solar y eólica) para satisfacer el abastecimiento de la energía que precisan las aplicaciones y dispositivos de inteligencia artificial y bombeo de agua.



1.3. SELECCIÓN Y DELIMITACIÓN DE LAS ZONAS DE ACTUACIÓN



Atendiendo a las metas expuestas, se han ponderado en cada una de las acciones y a efectos de acotar las bases de testado más adecuadas, todos los aspectos relativos a disponibilidad de terrenos para la experimentación, dificultades técnicas, estado del terreno, problemáticas sociales del entorno, etc... Estos aspectos han sido considerados sin que por ello se haya huido de abordar alguna que implique mayor dificultad. Se ha perseguido, de este modo, dotar al proyecto de un mayor valor de contraste.





INFORME DE LA ACTUACIÓN EN LA ZONA RESIDENCIAL “EL AVIÓN” (LOGROÑO)

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

Tras analizar características y condiciones de las diversas posibilidades en las que desarrollar el proyecto han sido definidas las siguientes zonas experimentales (Imagen 4):



- **Actuación en parques públicos:** Parque Oliver y “Castillo Palomar”, en Zaragoza (Aragón).
- **Actuación en zonas verdes urbanizaciones privadas:** Residencial “El Avión”, en Logroño (La Rioja).
- **Actuación en explotaciones agrícolas:** Soria Natural S.A. – en Garray, Soria (Castilla y León)- y Finca Monte Julia –en Belver de Cinca, Huesca (Aragón)-.

Imagen 4. Mapa de España: se resaltan las zonas de piloto de actuación (Logroño-La Rioja, Soria, Zaragoza y Belver de Cinca)





INFORME DE LA ACTUACIÓN EN LA ZONA RESIDENCIAL “EL AVIÓN” (LOGROÑO)

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

1.4. SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUAS PLUVIALES



Por lo que respecta a la captación de aguas pluviales se utilizará, en general, la técnica del soterrado pleno para la ubicación de aljibes. Con esta técnica garantizamos la no incidencia solar y, por tanto: se evita la evaporación del agua, se favorece el mantenimiento de temperaturas acordes que no modifiquen sus parámetros de calidad y, consecuentemente, se evita potenciales surgimientos de brotes de legionela. Además también se consigue su plena integración en el entorno.



Los sistemas de captación y conducción de aguas pluviales hasta aljibe vendrán definidos por la determinación de la superficie en función del tipo, dimensión y ubicación de cada acción piloto que permitirá en determinados casos, aprovechar las vertientes y canalizaciones de edificaciones próximas.



1.5. EL SOL Y EL VIENTO: FUENTES DE ENERGÍA INTEGRADAS EN EL PROYECTO OPTIMIZAGUA



Ya se ha citado que junto con el sistema de riego inteligente se integra un equipo de alimentación energética que utiliza fuentes limpias para generar la energía consumida por el sistema de riego. En este caso se hace referencia a: la energía solar y la energía eólica.



Expresar las ventajas que la inclusión de fuentes limpias supone para el Proyecto Optimizagua puede resumirse en los siguientes puntos. Por un lado, nos encontramos que *está dotando al sistema de un grado de autonomía* que, cualquier otra fuente energética no podría ofrecer. El sistema de alimentación energética –bien sean paneles solares bien sea un aerogenerador- debe dimensionarse con el fin de que sea capaz de abastecer la demanda energética del sistema de riego a abastecer. Para conseguir este toque de autosuficiencia energética deberán ser consideradas: las variables de radiación solar y fuerza del viento características de la zona, el consumo energético a realizar, los días de autonomía que se necesitan en caso de condiciones climáticas adversas...





INFORME DE LA ACTUACIÓN EN LA ZONA RESIDENCIAL “EL AVIÓN” (LOGROÑO)

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164



Por otro lado, se está potenciando el *consumo de recursos autóctonos y gratuitos* de la zona (Sol y viento). Consecuentemente, se *disminuye el impacto ambiental*, los *costes económicos y dificultades de distribución* que cualquier otra fuente de energía fósil (petróleo, carbón, gas natural...) representa. Referente a esta idea mencionar que una vez se ha realizado la inversión inicial de integrar energías limpias en el prototipo; el siguiente paso consiste en ir amortizando la instalación con el paso del tiempo.



No se entrará a explicar la lógica de funcionamiento de las instalaciones solares y eólicas en este apartado. Otras secciones se encargan de desarrollar esta temática. Sin embargo, sí que es importante detallar que el hecho de integrar esta tipología de sistemas energéticos está acorde con la línea de trabajo de *El Libro Blanco Europeo de la Energía*.



Entre otros aspectos, sus planes de acción proponen acercar las energías renovables a distintas políticas de la Unión Europea. Como por ejemplo, al desarrollo rural – uno de los ámbitos de actuación del Proyecto Optimizagua-.





INFORME DE LA ACTUACIÓN EN LA ZONA RESIDENCIAL “EL AVIÓN” (LOGROÑO)

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164



2. INFORME TÉCNICO-DESCRIPTIVO DE LA EXPERIENCIA PILOTO EN JARDINES DE USOS PRIVADOS: “RESIDENCIAL EL AVIÓN”

2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ACTUACIÓN: LOCALIZACIÓN Y PECULIARIDADES

La experiencia piloto en la zona residencial de “El Avión” se enmarca dentro de las actuaciones de jardines de uso privado del Proyecto Optimizagua. Es una urbanización privada, cuya dirección y diseño han sido realizados por Ingeniería y Arquitectura-INAR S.A., que se encuentra ubicada en la calle Marqués de Larios de la ciudad de Logroño (La Rioja). **(Imagen 10)**. Logroño, al igual que Zaragoza, hace de cuna para el paso del río Ebro. Un río con el que sus habitantes se sienten, íntimamente familiarizados y es referente en sus actividades diarias.

Imagen 10: Localización de Logroño y la zona residencial “El Avión”.





INFORME DE LA ACTUACIÓN EN LA ZONA RESIDENCIAL “EL AVIÓN” (LOGROÑO)

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164



La urbanización en cuestión cuenta con 186 viviendas y dispone de 4.000 m² de jardín con césped. En este sentido, es un contexto idóneo para demostrar el potencial ahorro de agua que puede derivarse de la modelización del sistema de riego inteligente en este tipo de construcciones de iniciativa privada.



Existen, sin embargo, otras razones que atorgan relevancia a esta actuación. Como, por ejemplo, el continuo y constante contacto entre los residentes y el sistema de riego inteligente evaluado. De esta manera, se consigue, con el día a día, una aproximación y familiarización hacia un consumo de agua eficiente y responsable en usos de riego en zonas privadas. Todo esto sin olvidar que potenciar una eficiencia en consumos de agua no sólo debe ceñirse al sector del riego sino que debe ser, igualmente, ampliado a otros sectores y ámbitos. De algún modo, la función divulgativa característica de la actuación en el parque público “Castillo Palomar” -al situarse junto a un centro educativo- puede compararse con la función divulgativa del “Residencial El Avión”. Ahora, no son escolares y sus respectivas familias a quienes se enfoca la experiencia sino a los residentes de esta urbanización (de distintas edades, sexos, condiciones laborales y sociales...). Esta iniciativa, debe recordarse, procede del sector privado por parte de INAR S.A., socio en el Proyecto Optimizagua.



2.2. CLIMATOLOGÍA DE LA ZONA

La climatología de cada experiencia piloto es uno de los aspectos que deben considerarse para la puesta a punto de la tecnología de riego citada. En el presente apartado, se detallarán aquellos aspectos más relevantes del clima en La Rioja y Logroño que han sido considerados para diseñar el programa que pautará las decisiones de activación/inhibición de riego inteligente.





INFORME DE LA ACTUACIÓN EN LA ZONA RESIDENCIAL "EL AVIÓN" (LOGROÑO)

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164



En la **Rioja** existen tres influencias climáticas básicas: **mediterráneo templado con influencias atlánticas** en toda la zona sur-occidental (Rioja Alta y Sierras de la Demanda), caracterizado por temperaturas suaves y abundantes precipitaciones; **influencia mediterránea-continental** en el Valle del Ebro (Rioja Baja y Logroño) con veranos secos; y **clima continental** más acentuado en zona de la Sierra (Urbión y Cebollera) que ocasiona inviernos más largos y rigurosos con presencia de nevadas. Estas influencias climáticas son el resultado de varios aspectos:

- La interferencia de rasgos oceánicos y mediterráneos consecuencia de la ubicación geográfica de esta comunidad autónoma.
- El contrastado relieve entre la montaña y el llano.
- Su localización interior en el extremo occidental de la depresión del Valle del Ebro.



En efecto, el hecho de estar situado en una cubeta cerrada por dos altas zonas montañosas, el Pirineo y el Sistema Ibérico, provoca sobre las precipitaciones un claro efecto de "sombra pluviométrica". Esto significa que las perturbaciones atmosféricas descargan buena parte de la lluvia en las barreras montañosas marginales y llegan muy debilitadas al interior de la región. Marcando, consecuentemente, la continentalidad de las temperaturas y los contrastes de su régimen anual y la dirección de los principales flujos de aire superficiales al encauzarlos a través del corredor del Ebro. De forma general, las tierras occidentales, mejor expuestas a la humedad del Atlántico y al efecto termorregulador del océano, son las de clima más lluvioso y más templado. Al avanzar hacia el Este, la sequedad de la atmósfera y los contrastes de sus temperaturas nos introducen gradualmente en los caracteres continentalizados propios del centro de la depresión del Ebro. Sobre estas condiciones globales la montaña ejerce su efecto modificador, y a la vez que se incrementan las precipitaciones, disminuyen las temperaturas y sus amplitudes, en



INFORME DE LA ACTUACIÓN EN LA ZONA RESIDENCIAL “EL AVIÓN” (LOGROÑO)

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164



marcadas gradaciones de la montaña al llano que reproducen la rápida transición topográfica del Sistema Ibérico al centro del Ebro. Estas diferentes influencias se entrecruzan en La Rioja, de Norte a Sur y de Poniente a Levante, dando origen a la variedad de condiciones climáticas subrayadas al principio.



Por lo que respecta al clima de **Logroño** citar que es **continental suavizado**, de transición. La temperatura puede rondar en invierno los cinco grados bajo cero; mientras que en verano los termómetros superan los treinta y cinco grados. Los vientos que afectan a la ciudad son los siguientes: desde el norte, el 'Cierzo'; del sur, el 'Abrego'; del este, 'Solano'; y del oeste, el 'Castellano'. Los vientos intermedios son, del noreste, el 'Navarrico'; del Noroeste, 'Regañón'; del suroeste, el 'Burgalés'; y del sureste, el 'Soriano'.



A *grosso modo*, en la estación meteorológica de Agoncillo, municipio muy cercano al aeropuerto de Logroño, se han registrado las siguientes variables durante el año 2003:



| Lluvia anual | Temperatura media | Horas de sol |
|--------------|-------------------|--------------|
| 390 mm. | 13,1° C | 2.150 |



Con el fin de profundizar en la meteorología de la ciudad de Logroño se ha recurrido, entre otras fuentes, al Instituto Nacional de Meteorología. Dicho organismo posee una estación meteorológica en Agoncillo –localidad muy próxima a Logroño-. Antes de dar paso al valor de diferentes variables climatológicas para el período comprendido entre 1960-1990 (**Tabla 5**), es necesario recordar que, en la programación del sistema de riego inteligente, se ha integrado valores de la climatología característica y típica de la zona. De este modo, su capacidad de autonomía para decidir cuándo emprender el riego o inhibirlo es mayor.





**INFORME DE LA ACTUACIÓN
EN LA ZONA RESIDENCIAL “EL AVIÓN” (LOGROÑO)**

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164



En la siguiente tabla, se incluyen medias mensuales y anuales, calculadas sobre los datos diarios del periodo 1961-1990, de: temperaturas media, máxima y mínima, precipitación en mm, humedad relativa, horas de sol y días despejados, lluviosos, etc.

Tabla 5: Datos meteorológicos de la estación meteorológica de Agoncillo

LOGROÑO B.A. AGONCILLO

Periodo: 1961-1990 Altitud (m): 352 Latitud: 42 27 06 Longitud: 2 19 51

| MES | T | TM | Tm | R | H | DR | DN | DT | DF | DH | DD | I |
|-----|------|------|------|-----|----|-------|-----|------|------|------|------|------|
| ENE | 5.8 | 9.3 | 2.2 | 28 | 75 | 10.6 | 1.7 | 0.0 | 9.7 | 7.7 | 3.5 | 109 |
| FEB | 7.3 | 11.5 | 3.1 | 25 | 68 | 9.9 | 1.6 | 0.1 | 5.2 | 4.9 | 3.3 | 136 |
| MAR | 9.3 | 14.3 | 4.4 | 30 | 62 | 9.5 | 0.9 | 0.3 | 4.1 | 1.8 | 3.9 | 173 |
| ABR | 11.5 | 16.4 | 6.6 | 43 | 61 | 11.3 | 0.5 | 1.0 | 2.8 | 0.4 | 2.4 | 184 |
| MAY | 15.1 | 20.7 | 9.5 | 47 | 59 | 11.1 | 0.0 | 3.5 | 1.2 | 0.0 | 2.8 | 224 |
| JUN | 18.8 | 25.2 | 12.7 | 44 | 56 | 7.9 | 0.0 | 3.9 | 1.2 | 0.0 | 4.7 | 263 |
| JUL | 22.1 | 29.1 | 15.2 | 23 | 55 | 5.4 | 0.0 | 4.3 | 0.9 | 0.0 | 10.3 | 306 |
| AGO | 21.8 | 28.4 | 15.2 | 22 | 56 | 5.1 | 0.0 | 3.3 | 1.5 | 0.0 | 9.1 | 286 |
| SEP | 19.2 | 25.5 | 12.9 | 28 | 61 | 6.8 | 0.0 | 2.4 | 3.5 | 0.0 | 6.8 | 216 |
| OCT | 14.4 | 19.6 | 9.3 | 28 | 69 | 7.8 | 0.0 | 0.4 | 7.9 | 0.1 | 4.9 | 174 |
| NOV | 9.1 | 13.2 | 5.1 | 40 | 73 | 10.6 | 0.7 | 0.1 | 8.7 | 2.5 | 3.4 | 116 |
| DIC | 6.3 | 9.6 | 3.0 | 30 | 76 | 9.8 | 1.3 | 0.2 | 9.6 | 6.6 | 3.1 | 98 |
| AÑO | 13.4 | 18.6 | 8.3 | 388 | 64 | 105.8 | 6.7 | 19.5 | 56.3 | 24.0 | 58.2 | 2284 |

LEYENDA

| | |
|-----------|---|
| T | Temperatura media mensual/anual (°C) |
| TM | Media mensual/anual de las temperaturas máximas diarias (°C) |
| Tm | Media mensual/anual de las temperaturas mínimas diarias (°C) |
| R | Precipitación mensual/anual media (mm) |
| H | Humedad relativa media (%) |
| DR | Número medio mensual/anual de días de precipitación superior o igual a 1 mm |
| DN | Número medio mensual/anual de días de nieve |
| DT | Número medio mensual/anual de días de tormenta |
| DF | Número medio mensual/anual de días de niebla |
| DH | Número medio mensual/anual de días de helada |
| DD | Número medio mensual/anual de días despejados |
| I | Número medio mensual/anual de horas de sol |

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología





INFORME DE LA ACTUACIÓN EN LA ZONA RESIDENCIAL “EL AVIÓN” (LOGROÑO)

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

2.3. DEFINICIÓN DE LAS ZONAS DE TESTADO Y CONTRASTE

La actuación experimental descrita se lleva a cabo en un sector de la zona ajardinada de la urbanización residencial “El Avión”. Ésta se sitúa junto a las piscinas, en el espacio central del recinto residencial. Por otro lado, con la finalidad de realizar la captación de aguas pluviales, se han habilitado los tejados de un grupo de edificios pertenecientes al complejo. Desde ellos, el agua se canaliza hacia un depósito subterráneo –aljibe- donde son acumuladas hasta su uso.

Existe, además, una zona ubicada fuera de las extensiones del “Residencial El Avión” que hace las funciones de zona de referencia y su sistema de riego sigue las pautas convencionales. De este modo, sirve como referente con el que contrastar y comparar los resultados obtenidos en la zona de control del sistema de riego inteligente.

De acuerdo con lo expuesto, se definen tres sectores de actuación dentro de la experiencia piloto presente. Esto es, una **zona de testado o control del sistema** de riego inteligente, una **zona de contraste** y, por último, un **espacio de recogida de pluviales**. En la siguiente tabla pueden observarse las superficies que corresponden a cada una de las zonas definidas y expuestas (Tabla 6)

Tabla 6: Sectores y superficies de actuación de la experiencia piloto

| | Superficie |
|--|----------------------|
| Zona de riego inteligente | 2500 m ² |
| Zona de riego convencional (contraste) | 2500 m ² |
| Captación de pluviales | 1.290 m ² |

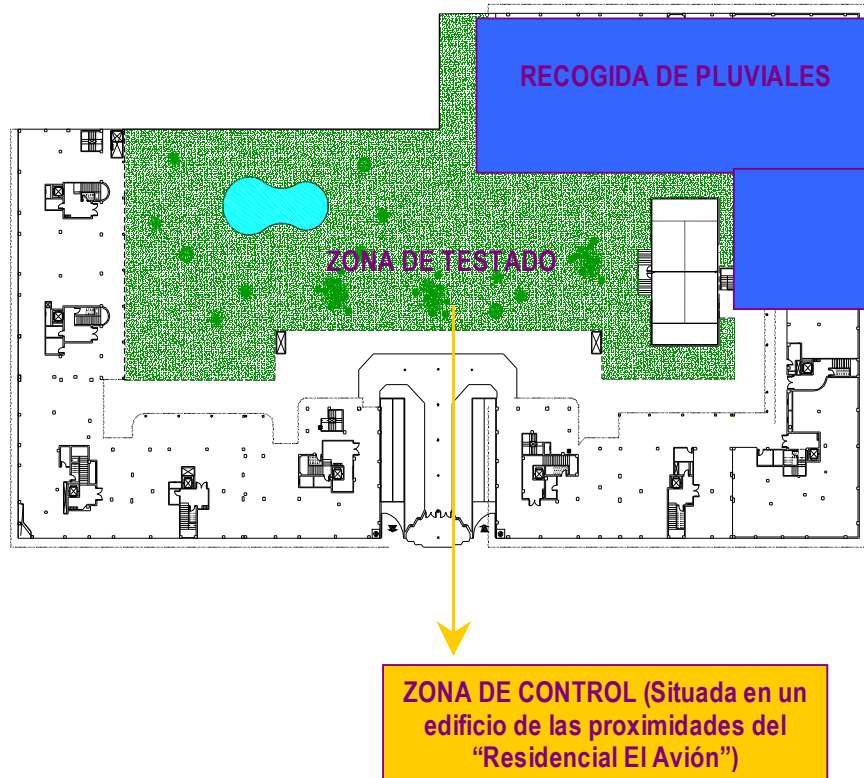
En la siguiente imagen (Imagen 11), se detalla la ubicación de cada uno de los sectores expuestos anteriormente y que constituyen la actuación en el “Residencial El Avión”.



INFORME DE LA ACTUACIÓN EN LA ZONA RESIDENCIAL “EL AVIÓN” (LOGROÑO)

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

Imagen 11: Vista de la ubicación de los diferentes sectores de actuación



2.4. EL CÉSPED: ESPECIE IRRIGADA CON EL SISTEMA DE RIEGO INTELIGENTE

En el transcurso de esta sección se persigue familiarizarse con el césped; el cual es, sin duda alguna, la base y parte principal de cualquier jardín ya sea público o privado bien sea por su función estética como de resistencia. Según esto, no es de extrañar que en la zona de testado y de contraste de la urbanización “El Avión” haya césped como cultivo a regar. Primordialmente en la zona de control se ha sembrado césped deportivo (**Imagen 12**). Aun así, también pueden encontrarse otras especies vegetales que saldrán beneficiadas riego realizado con el sistema inteligente. Es el caso de: *Nerium Oleander*, *Viburnum Tinus*, *Escalonia*, *Abelias*, *Juniperus*, *Cercis silicuastrum*, *Prunas pisardi*, *Albicia Julibrissim...*



INFORME DE LA ACTUACIÓN EN LA ZONA RESIDENCIAL “EL AVIÓN” (LOGROÑO)

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

Imagen 12: Vista de la zona de riego inteligente recién sembrada de “El Avión”



2.4.1. Generalidades del césped

Los céspedes están formados por especies pertenecientes a la familia botánica de las Gramíneas. De las 10.000 que puede haber, sólo unas 20 especies se utilizan para hacer Céspedes. En España y en la mayor parte del mundo, las 12 siguientes son las más importantes:

- **Especies originarias de climas templados y fríos:** *Agrostis stolonifera* (Agrostis), *Agrostis tenuis* (Agrostis), *Festuca arundinacea* (Festuca), *Festuca rubra* (Festuca), *Festuca ovina* (Festuca), *Lolium perenne* (Ray-grass inglés) y *Poa pratense* (Poa).

El Ray-grass inglés es la especie cespitosa más difundida por el Mundo porque crece mucho y muy rápidamente. Sin embargo, exige mucha agua y abono y no se adapta bien a la sequía –factor que aumenta sus necesidades hídricas en climas cálidos-

- **Especies que son originarias de climas cálidos.:** *Cynodon dactylon* (Bermuda), *Pennisetum clandestinum* (Kikuyu), *Stenotaphrum secundatum* (Gramón, Hierba de San Agustín), *Zoysia japonica* (Zoysia) y *Paspalum notatum* (Hierba de Bahía).





INFORME DE LA ACTUACIÓN EN LA ZONA RESIDENCIAL “EL AVIÓN” (LOGROÑO)

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164



Del conjunto de variedades expuestas, cada una de ellas posee unas peculiaridades que la caracterizan como apta para una funcionalidad determinada. Las hay que son idóneas como céspedes muy finos y ornamentales. Éste es el caso de la *Agrostis estolonifera* –la más utilizada en los *greens* de los campos de golf- o bien la *Agrostis Tenuis* –utilizada en mezclas en jardines familiares-. En cambio, otras variedades –más resistentes al frío, al calor y con cierta resistencia a la sequía, a la salinidad y al pisoteo- se destinan a jardines públicos o a finalidades cuyo mantenimiento no sea tan extremadamente exigente. Es el caso de las *Festuca ssp*, *Lolium perenne*, *Poa pratense*, *Cynodon dactylon*, *Pennisetum clandestinum*, *Stenotaphrum secundatum*, *Zoysia japonica* y *Paspalum notatum*. Generalmente, en los jardines se combinan unas especies con otras para llegar a un equilibrio entre: estética-resistencia-mantenimiento.

2.4.2. Mantenimiento del césped: requerimientos hídricos y ciclo



En la mayoría de regiones, normalmente, la lluvia no cubre las necesidades de los céspedes y hay que recurrir al riego. En Logroño, por ejemplo, para el período comprendido entre 1960-1990 hay una media de lluvias anual de 388 mm. Esto es, un valor pequeño si tenemos presente que, generalmente, las **exigencias hídricas** del césped son considerables: **entre 4-8 L/m² día durante 365 días al año**. Aún así hay que considerar que existen especies y variedades de césped que consumen más agua que otras. Por ejemplo, un Ray-grass exige más riego que una Bermuda (*Cynodon dactylon* 'Numex-Sahara', por algo se llama así esta variedad).

Podemos detallar como generalidades de riego que:

- La época del año con máximo consumo de agua es en verano. En cambio, en invierno es el mínimo
- Depende de la calidad que queramos conseguir. Esto es, si nos conformamos con un césped un poquito menos verde y vigoroso o



INFORME DE LA ACTUACIÓN EN LA ZONA RESIDENCIAL “EL AVIÓN” (LOGROÑO)

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164



2.5. SISTEMAS Y EQUIPOS INTEGRANTES DEL “RESIDENCIAL EL AVIÓN” COMO ACTUACIÓN EXPERIMENTAL



bien si perseguimos máxima calidad –caso en que hay que regar bastante más-.

- Un césped "acostumbrado" a poca agua deberá ser regado mucho menos que otro acostumbrado a un riego continuo.
- Cuando un césped se riega muy a menudo (digamos, como se hace normalmente), las raíces se desarrollan muy superficialmente, no profundizan, puesto que no tienen necesidad de buscar agua abajo. Un césped que se riega poco desarrolla un sistema radicular más profundo y más potente (dentro de lo que cabe para ser un césped).
- Como referencia saber que, en un clima como el de Madrid, y un suelo de textura media (ni arcillosos, ni arenoso):

a) **Invierno:** sólo riegos de apoyo o mantenimiento cada 20-25 días si la lluvia no es suficiente o el césped muestra necesidad.

b) **Primavera:** marzo, abril y mayo, riego día sí, día no.

c) **Verano:** junio, julio y agosto, riego diario.

d) **Otoño:** dos veces por semana, interrumpiendo si hay lluvias.

Las partes integrantes de este prototipo son las siguientes:

- Sistema de recogida y almacenamiento de aguas pluviales.
- Sistema de suministro y bombeo de las aguas almacenadas.
- Sistema de control de los riegos.
- Sistema de alimentación energética por medio de dispositivos de energías alternativas.



INFORME DE LA ACTUACIÓN EN LA ZONA RESIDENCIAL “EL AVIÓN” (LOGROÑO)

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164



2.5.1. SISTEMA DE RECOGIDA Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES

En esta ocasión, debido a la presencia de edificios colindantes a la zona de actuación se ha optado por la opción que en las siguientes líneas se detalla.

Como **superficie de captación** de las aguas pluviales han sido seleccionadas las cubiertas inclinadas de parte de las viviendas que integran la urbanización. Alcanzando, de este modo, un total de área útil (proyección horizontal del tejado) de 1.290 m². (Imagen 13)

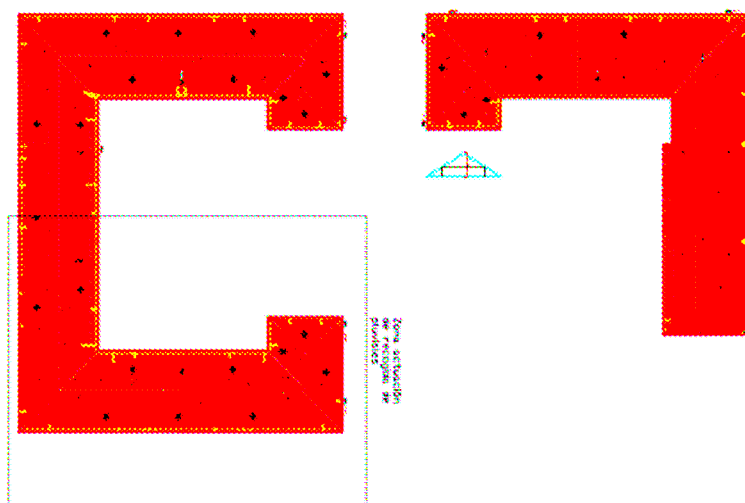


Imagen 13: Concreción de las cubiertas con fines de recogida de aguas pluviales



INFORME DE LA ACTUACIÓN EN LA ZONA RESIDENCIAL “EL AVIÓN” (LOGROÑO)

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164



Un sistema de canalones adosados a la parte más baja de los tejados se encarga de recolectar el agua recogida. Desde aquí se conduce hasta un sistema de recolección constituido por uno o varios colectores que confluyen en una tubería montante. Entonces, se baja hasta el nivel de suelo y, desde aquí, se dirige hasta el **aljibe** en el que se almacenan las aguas procedentes de las precipitaciones. Ésta es, pues, la extensión que deberán recorrer las tuberías soterradas para conducir el agua hasta donde será almacenada: un depósito de 8.000 Litros de capacidad, constituido por poliéster reforzado y fibra de vidrio.

Los sistemas de canalización descritos han sido equipados con un *filtro de malla* que tiene la finalidad de retener objetos indeseables (hojas, excrementos de ave...) que puedan provocar obstrucciones en las tuberías del PVC montante.

De acuerdo con lo expuesto, el agua recogida en los tejados se conduce directamente al aljibe que ha sido soterrado, especialmente para la experiencia, en la parte central del jardín de la urbanización. Se debe concretar que dicho depósito se ha equipado de un *rebosadero* cuya función es, en caso de llenado completo, desviar el agua sobrante a la red de alcantarillado general.

Para facilitar el acceso al aljibe se ha dispuesto, en la parte superior, una *boca de inspección* que quedará a ras de suelo. Así se facilita el acceso en caso de necesidad de limpieza del depósito u otras tareas de mantenimiento pertinentes. Con previsión a estos casos, tanto la entrada como la salida del aljibe tienen una *válvula de corte* que permitirá aislar el depósito en ocasiones cuando se requiera.

Relacionado con el último párrafo expuesto, cabe mencionar que en el *“Manual de usuario”* propio de esta actuación piloto se especifica una serie de concreciones. Como ejemplo citar, que el aljibe tiene que limpiarse y desinfectarse en los siguientes casos: como mínimo una vez al año, cuando se ponga en marcha la instalación por primera vez, tras una parada superior a un mes, tras una modificación estructural o cuando una revisión general así lo aconseje. Para ello será necesario vaciar el depósito por medio de la misma bomba sumergida en el interior y para evacuar el agua en la red de alcantarillado general, se realizara un *by-pass* en la misma.



INFORME DE LA ACTUACIÓN EN LA ZONA RESIDENCIAL “EL AVIÓN” (LOGROÑO)

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

2.5.2. SISTEMA DE SUMINISTRO Y BOMBEO DE LAS AGUAS ALMACENADAS

Una **bomba sumergible**, ubicada en el interior del depósito, hace las funciones de suministrar y bombear al agua para el sistema de riego. Esta bomba se encuentra a localizada a unos centímetros de la base del mismo. A partir de aquí, el agua bombeada se dirige al circuito de riego a través de la conducción de salida existente en la parte superior del aljibe.

Con la finalidad de evitar daños en el sistema de riego -debido a las posibles partículas que pueda llevar el agua procedente del aljibe- se ha acoplado a la salida del mismo un filtro de *malla en “Y”*. Su función consiste en separar aquellas fracciones de materia inorgánica que pueda dañar el equipo de aspersión. La limpieza del filtro se realizará a través de una llave de *purga manual*, situada a nivel del suelo.

Por otra parte, la **decisión sobre de dónde debe ser extraída el agua para el riego** dependerá de la reserva hídrica del aljibe en cada caso. Si posee de suficientes recursos se tomará esa agua para el riego. En caso contrario, se empleará el agua de red convencional. La encargada de ofrecer esta información es una *sonda de nivel* que determina los recursos hídricos de los que el aljibe dispone. Ésta, continuamente, emite una señal a una válvula de tres vías motorizada donde confluyen el agua del aljibe y el agua de red y cuya salida coincide con la conducción al colector principal del circuito de riego. De este modo, si se da que el nivel del aljibe supera un mínimo requerido, la *válvula de tres vías* abrirá paso al agua de origen pluvial. En caso contrario, la válvula de tres vías dejará paso al agua proveniente de la red general de suministro.

A parte de todo lo explicado, para contabilizar los consumos de agua derivados de las necesidades de riego, se han colocado dos *contadores de agua*. Uno - colocado a la salida del aljibe, antes de la válvula de tres vías- toma nota de la cantidad de agua extraída del aljibe, procedente por tanto de las aguas pluviales e irá. El otro contador





INFORME DE LA ACTUACIÓN EN LA ZONA RESIDENCIAL “EL AVIÓN” (LOGROÑO)

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164



informa de la cantidad de agua proveniente de la red general que es usada para el riego. Así es como, a la hora de evaluar los ahorros producidos, se tendrán datos precisos sobre los aportes de una y otra fuente.



2.6. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ENERGÉTICA POR MEDIO DE DISPOSITIVOS DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS

Ha sido instalado un dispositivo de energías alternativas para la alimentación del sistema de control de riego a pesar de que, en “El Avión”, existe la conexión a la red eléctrica general. La razón por la que se ha considerado incluir un sistema de este tipo es para dotar al prototipo de mayor versatilidad a la hora de su implantación en otros lugares.



La energía alternativa por la que se ha optado es la energía solar fotovoltaica, y el funcionamiento de la instalación para la obtención de energía eléctrica es como se sigue a continuación.



En estos sistemas, los módulos fotovoltaicos se encargan de transformar la energía emitida por el sol en pequeñas corrientes eléctricas. La electricidad generada en el campo solar se almacenará en *baterías electroquímicas* para poder hacer uso de la energía a cualquier hora del día independientemente de la radiación solar. La capacidad de la batería depende de la cantidad de energía que queramos almacenar o, lo que es lo mismo, del grado de autonomía que pretendamos conseguir.



Por otra parte, para poder controlar que los procesos de carga y descarga de las baterías se realicen siempre dentro de márgenes correctos de funcionamiento, es necesario incorporar al equipo un *regulador*.



Finalmente, un *inversor* transforma la señal continua emergente de las baterías a una señal alterna, a 220V adecuada para la correcta alimentación del dispositivo de control del sistema de riego.





INFORME DE LA ACTUACIÓN EN LA ZONA RESIDENCIAL “EL AVIÓN” (LOGROÑO)

OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164

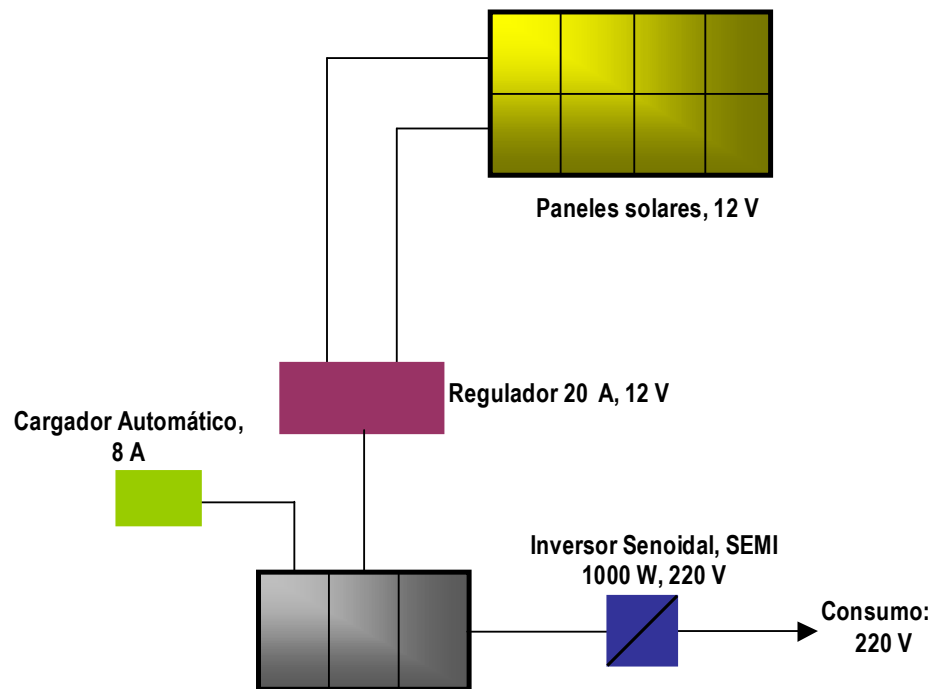


En nuestro caso, aprovechando la existencia de la corriente eléctrica se ha configurado la instalación de modo que, a falta de energía de origen solar debido por ejemplo a condiciones meteorológicas desfavorables, el sistema conmutará con tal de alimentar al dispositivo de control por medio de la red eléctrica convencional.

La colocación del panel solar se prevé vaya elevado sobre un mástil, orientado al sur e inclinado unos 45° aproximadamente, para evitar que sufra cualquier tipo de acto vandálico.

En la siguiente imagen, se detalla no sólo un esquema de funcionamiento de una instalación solar fotovoltaica sino también los datos específicos de la instalación existente en la zona residencial de “El Avión”. **(Imagen 19)**

Imagen 19: Esquema y lógica de funcionamiento de los equipos implicados en el sistema solar de la actuación en “El Avión”





OPTIMIZAGUA
LIFE03 ENV/E/000164



**Empresa colaboradora y coordinadora
del Proyecto Optimizagua:**

