



Sistemas de potabilización de agua aislados en zonas rurales

Autor: Silvia Pérez André

Institución: Fundación Ciudad de la Energía

Resumen

En la actualidad, existen muchas localidades de pequeña población en donde no existe desinfección ni tratamiento en el suministro de agua para consumo humano. En otras localidades utilizan dosificadores por erosión de tabletas de hipoclorito de calcio, que se disuelven por la acción erosiva que ejerce el agua a su paso. Estos dosificadores son sencillos pero no son muy precisos, ya que la tableta se erosiona más o menos dependiendo del caudal de agua que pase. Además, estos dosificadores requieren bastante atención por parte del personal de mantenimiento, que las localidades no poseen, ya que se deben inspeccionar con regularidad para detectar obstrucciones, limpiarlo bien, calibrarlo, etc... Generalmente, estos depósitos se encuentran en entornos aislados y el acceso a la red eléctrica es difícil, empleándose sistemas de energía solar fotovoltaica.

Por todo ello, nace en la Fundación Ciudad de la Energía la idea de la automatización de la cloración del agua de consumo humano en áreas rurales. El funcionamiento básico del sistema consiste en inyectar cloro de forma proporcional a la entrada de agua en el depósito para que se encuentre en un valor óptimo para el ser humano. Únicamente es tratada el agua destinada al consumo humano. Los sistemas instalados tienen capacidad de almacenamiento de energía para funcionar sin aporte solar.

De esta manera, se consigue cumplir la legislación vigente en materia de desinfección de las aguas para consumo humano, proporcionando beneficios significativos: para la salud de la población, mejorar la calidad del agua, reducir el uso de cloro y el consumo energético del Municipio, al no requerir fuentes de energía auxiliares y ser una instalación completamente autónoma.

Palabras claves: energía; solar; fotovoltaica; agua; cloro; cloración; rural

1. INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los recursos naturales fundamentales y es uno de los cuatro recursos básicos en que se apoya el desarrollo, junto con el aire, la tierra y la energía.

Es un recurso natural escaso, indispensable para la vida y para el ejercicio de la inmensa mayoría de las actividades económicas; es irremplazable, no ampliable por mera voluntad del hombre, irregular en su forma de presentación en el tiempo y en el espacio, fácilmente vulnerable y susceptible de usos sucesivos, constituyendo un recurso unitario que se renueva a través del ciclo hidrológico, y que conserva a efectos prácticos, una magnitud casi constante dentro de cada una de las cuencas hidrográficas del país.

El agua es, junto con el aire, uno de los mayores vectores de transmisión de enfermedades y agentes patógenos, por lo cual es de suma importancia un control exhaustivo así como un correcto y adecuado tratamiento de desinfección que elimine cualquier tipo de riesgo asociado a la ingesta de agua.

La evaluación de la calidad del agua ha tenido un lento desarrollo. Hasta finales del siglo XIX no se reconoció como origen de numerosas enfermedades infecciosas; sin embargo, hoy en día, la importancia tanto de la cantidad como de la calidad del agua está fuera de toda duda.

El Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, mediante el que se establecen los criterios sanitarios de calidad del agua de consumo humano, recoge la responsabilidad de los municipios de asegurar que el agua suministrada sea apta para el consumo en el punto de entrega para el consumidor, así como unos niveles de admisión máximos siendo el tratamiento de adecuación y desinfección de agua potable de carácter obligatorio y un derecho para cualquier ciudadano del territorio español.

Los programas de control de calidad del agua de consumo humano deben adaptarse a las necesidades de cada abastecimiento, por ello se debe facilitar a los municipios los equipos e instalaciones necesarias para cumplir éste precepto legal y conseguir su adecuada potabilización.

2. ANTECEDENTES

2.1. El problema del medio rural

El desarrollo del medio rural y la conservación de la naturaleza son objetivos complementarios. Mejorar la calidad de vida en el medio rural es un requisito básico para mantener un uso del territorio que garantice su cuidado y buen estado de conservación.

El hábitat rural es, por definición, disperso, lo que implica bajas densidades de población y se hace difícil la implantación y gestión de numerosos servicios urbanos, caracterizados por la necesidad de ciertos umbrales de densidad para su adecuado funcionamiento. Esto se agrava en ciertas zonas rurales, particularmente en el norte y noroeste peninsulares, en las que la dispersión es máxima. El problema de ofrecer servicios públicos a los ciudadanos se convierte entonces en un dilema de gestión de recursos que se agrava en tiempos de escasez. El abastecimiento y gestión del ciclo del agua es un caso clásico, pues en estos núcleos poblados, por lo general por debajo de los 50 habitantes, no existe desinfección ni tratamiento en el suministro de agua para consumo humano.



En otras localidades de mayor tamaño utilizan dosificadores por erosión de tabletas de hipoclorito de calcio, que se disuelven por la acción erosiva que ejerce el agua a su paso. Con un dosificador de este tipo, el desinfectante se distribuye mediante el paso total o parcial del caudal de filtración por el dosificador, donde se disuelve o erosiona una fracción de hipoclorito cálcico y lo incorpora al agua del depósito. Desde el punto de vista de automatización y rendimiento económico, este sistema controlado a

mano presenta varios inconvenientes, como por ejemplo una filtración de agua demasiado corta impida la aportación del desinfectante requerido, o al revés que si la filtración de agua es demasiado larga haya aportaciones excesivas y el consiguiente consumo extra de desinfectante.

Estos dosificadores son sencillos pero no son precisos, ya que la tableta se erosiona más o menos dependiendo del caudal de agua que pase. Además, requieren bastante atención por parte del personal de mantenimiento, que las localidades no poseen, ya que se deben inspeccionar con regularidad para detectar obstrucciones, limpiarlo bien, etc...

La legislación española obliga a que todas las aguas de consumo humano distribuidas al consumidor por las redes de distribución pública o privada, cisternas o depósitos móviles deban ser desinfectadas.

Para asegurar que el proceso se realiza con todas las garantías, es necesaria que la dosis de cloro o sus derivados sean adecuadas. Para ello, se recomienda la implantación de aparatos automáticos de inyección y de medida de desinfectante residual a la salida de los depósitos. Solo la cloración garantiza que el agua ya tratada se mantenga libre de gérmenes durante su tránsito por las tuberías y depósitos antes de llegar al grifo del consumidor. En las zonas rurales de hábitat ultradisperso, por lo general, estos depósitos se encuentran en entornos aislados y el acceso a la red eléctrica es difícil.

2.2. El papel de la Fundación Ciudad de la Energía

La Fundación Ciudad de la Energía se constituyó como fundación del sector público estatal en mayo de 2006, y ha de entenderse como una iniciativa de desarrollo territorial, siguiendo un nuevo tipo de políticas enfocadas hacia el territorio¹. Para el caso español, supone una innovación radical desde distintas perspectivas. En un contexto de alta descentralización administrativa, se propone una unidad de gestión basada en la cooperación entre agentes, en la introducción de nuevas tecnologías en espacios tradicionalmente marginados y en la creación de servicios de valor en un territorio basado en industrias básicas y extractivas. Todo eso, además, sobre la base de la consecución de un desarrollo tecnológico, la captura de CO₂, que será estratégico en la lucha contra el cambio climático.

En Aplicaciones Energéticas el objetivo es generar una cultura social que reafirme el valor de las energías renovables y permita la existencia de actividades industriales de valor económico. Se desarrollan proyectos de aplicación de diferentes tecnologías en los sectores residencial, administrativo e industrial, que permiten obtener conclusiones sobre sus posibilidades de aplicación.

Uno de los aspectos más relevantes del trabajo de la Fundación sobre el territorio es su vocación de aplicar las mejores tecnologías de sus áreas de conocimiento en su ámbito territorial, y específicamente en zonas rurales como las tipificadas. A través del Programa de Aplicaciones Energéticas, se ha buscado contribuir a:

- Mejorar la calidad de vida, utilizando fuentes que conserven una buena calidad ambiental, que supongan un mayor ahorro energético y económico.
- Desarrollar y mejorar los niveles de competitividad, en términos energéticos.
- Ayudar a la conservación y mejora del medio ambiente reduciendo las emisiones de efecto invernadero.
- Potenciar las acciones de los diferentes actores socioeconómicos.
- Fomentar medidas de ahorro energético y económico, creando una cultura de ahorro y eficiencia energética.

Por ello, para resolver este problema surgió la idea de la automatización de la cloración del agua de consumo humano en áreas rurales. El funcionamiento básico del sistema consiste en inyectar cloro de forma proporcional a la entrada de agua en el depósito para que se encuentre en un valor óptimo para el ser humano. Únicamente es tratada el agua

¹ Manuel Román Lorente "Innovación para una economía más sostenible: la Fundación Ciudad de la Energía" Comunicación al CONAMA 10, Madrid, Noviembre de 2010.

destinada al consumo humano. Se emplean sistemas de energía solar fotovoltaica con capacidad de almacenamiento de energía para funcionar sin aporte solar, para solventar la alimentación eléctrica de los equipos instalados.

De esta manera, se consigue cumplir la legislación vigente en materia de desinfección de las aguas para consumo humano, proporcionando beneficios significativos:

- Para la salud de la población.
- Mejorar la calidad del agua.
- Reducir el uso de cloro.
- El consumo energético del Municipio, al no requerir fuentes de energía auxiliares y ser una instalación completamente autónoma.

2.3. Implementación del sistema

Tanto los Ayuntamientos de las Comarcas de El Bierzo y Laciana como sus Juntas Vecinales están convencidos de la importancia y la necesidad de adoptar medidas para el ahorro energético y de que las entidades públicas deben servir de modelo para contribuir a la divulgación y concienciación ciudadana, sobre los problemas relacionados con el consumo energético y sus consecuencias económicas y medioambientales.

Para ello se establecen convenios de colaboración con los Ayuntamientos o Juntas Vecinales en los que se prevé su participación en la construcción de las nuevas instalaciones y permiten disponer, a la Fundación de datos de consumo y funcionamiento, y a los Municipios de fuentes de energía renovables y disminuir su factura energética.

3. DISEÑO DE LA INSTALACIÓN

Se trata de un sistema cuyo funcionamiento básico consiste en inyectar cloro de forma proporcional a la entrada de agua en el depósito, para que se encuentre en un valor óptimo para el ser humano. Mediante un contador emisor de pulsos, instalado en la tubería de llenado del depósito, se determina el volumen de agua que pasa en cada momento, enviando una señal que recibe la bomba dosificadora de la cantidad de hipoclorito de sodio que se debe inyectar.

Se efectúa una medición en continuo del pH para un correcto control y regulación del mismo. Se realiza mediante una bomba de recirculación que homogeniza el agua y el reactivo añadido al depósito, previamente se programa el valor de pH deseado y en función del pH medido se ordena la dosificación del reactivo.

El funcionamiento es dirigido en función de la demanda, para no tratar el agua que se va a desechar, evitando el tratamiento de agua en el momento en el que el depósito se encuentre lleno. Para ello se instala un sistema hidráulico que garantiza el desvío del flujo de agua al desagüe en el momento en el que el depósito se encuentra lleno. La detección del llenado del depósito se realiza mediante sondas de nivel. De esta forma, se garantiza la viabilidad de la instalación, debido a que si se opta por cortar el flujo de agua se pueden producir presiones que ni accesorios ni materiales utilizados en los depósitos y canalizaciones pueden soportar a causa de la diferencia de altura que existe entre los depósitos y las captaciones.

Al tratarse de entornos aislados y, en los cuales, el acceso a la red eléctrica es difícil, la alimentación eléctrica de los equipos se realiza mediante un sistema solar fotovoltaico.

3.1. Descripción de los sistemas

3.1.1. Sistema fotovoltaico

El sistema fotovoltaico está formado principalmente por: los módulos fotovoltaicos, la estructura soporte para los módulos, el sistema de almacenamiento de energía, el sistema de regulación de carga de las baterías, protección contra sobretensiones, puesta a tierra de la instalación e inversor (si fuese necesario).

Los módulos fotovoltaicos están fabricados con células solares de alta eficiencia, con una potencia mínima nominal de 230 Wp, siendo resistentes al agua, la abrasión, el impacto de granizo y otros factores adversos.

La estructura soporte para los módulos fotovoltaicos está construida en aluminio, resiste las sobrecargas de viento y nieve de acuerdo a la legislación vigente e inclinada adecuadamente para que la potencia instalada sea la mayor posible, minimizando las pérdidas por orientación.

Se dispone de una capacidad de almacenamiento de energía para que el sistema pueda funcionar una semana sin aporte solar.

Las instalaciones disponen de descargadores y toma a tierra.

3.1.2. Sistema dosificador de cloro

Se instala un contador emisor de pulsos en la tubería de entrada de agua al depósito. En los casos en los que el depósito disponga de dos entradas de agua, éstas se unen previamente a la instalación del contador.

El contador lanza impulsos a la bomba dosificadora, de forma que ésta va inyectando hipoclorito de sodio de forma proporcional a los impulsos recibidos. La bomba dosificadora aspira hipoclorito de sodio del depósito mediante una caña de aspiración equipada con filtro de pie, válvula antirretorno y sonda de nivel. La sonda de nivel está conectada con la bomba dosificadora que se para en caso de que el depósito se quede sin hipoclorito, encendiendo una luz de señalización.

Para una distribución más eficiente del hipoclorito, éste se inyecta mediante un racor de inyección con válvula antirretorno.

3.1.3. Sistema control y regulación del pH

En los depósitos en los que sea necesario, se utiliza un sistema de recirculación ya que al mover constantemente el volumen de agua dentro del depósito se evita la estratificación del reactivo y éste se encuentra disuelto de una forma mucho más homogénea, siendo las lecturas más precisas.

Para ello, se instala una bomba que hace recircular el agua del depósito a través de la sonda de medida de pH. Ésta sonda envía información al control que compara el valor medido con el valor de consigna, ordenando poner o no en marcha la bomba dosificadora para la adición del reactivo.

Según el Real Decreto 140/2003, el pH del agua de salida es necesario mantenerlo entre los valores 6,5-9,5. Sin embargo, se procura mantener un pH inferior a 8, ya que, a pH superiores el cloro comienza a estar como ión hipoclorito (ClO^-) lo que provoca que la depuración del agua no sea eficaz.

3.1.4. Sistema hidráulico

En la tubería de entrada de agua al depósito y antes del contador de pulsos se coloca una válvula motorizada cuya función es desviar el agua bruta hacia el depósito o hacia el desagüe, para evitar desperdiciar el agua tratada a través del rebosadero del depósito una vez que éste esté lleno.

Ésta válvula recibe información del nivel de agua en el depósito a través de boyas de nivel instaladas en el mismo. Si el nivel máximo es alcanzado la válvula se cierra y desvía el agua bruta al desagüe, mediante un sistema de tuberías. Cuando se alcanza el nivel mínimo, la válvula se abre dejando pasar el agua hacia el depósito. Se ha instalado una boya a una altura inferior al mínimo para que actúe de emergencia, encargada de enviar la alarma por falta de agua.

3.1.5. Sistema general de control de la instalación

El sistema de control consiste en un autómata programable que comanda la apertura y cierre de la válvula motorizada según las condiciones de llenado del depósito, además de controlar el contador de impulsos y la bomba dosificadora.

Cuando la válvula se encuentre cerrada, el sistema lo indica mediante un piloto de señalización al igual que cuando la bomba se encuentre en funcionamiento.

Para evitar dañar las bombas dosificadoras, éstas dejan de funcionar una vez que el depósito de hipoclorito o de reactivo se encuentre vacío, señalizado mediante un piloto la falta de los mismos en la propia bomba y en el cuadro de control.

Todo el sistema de control se encuentra alojado en el interior de un armario metálico IP65 para su protección, debidamente conectado a tierra según la normativa vigente y con las protecciones contra cortocircuitos. En la puerta del armario se encuentran los pilotos de señalización, el pulsador de rearme y una seta de emergencia.

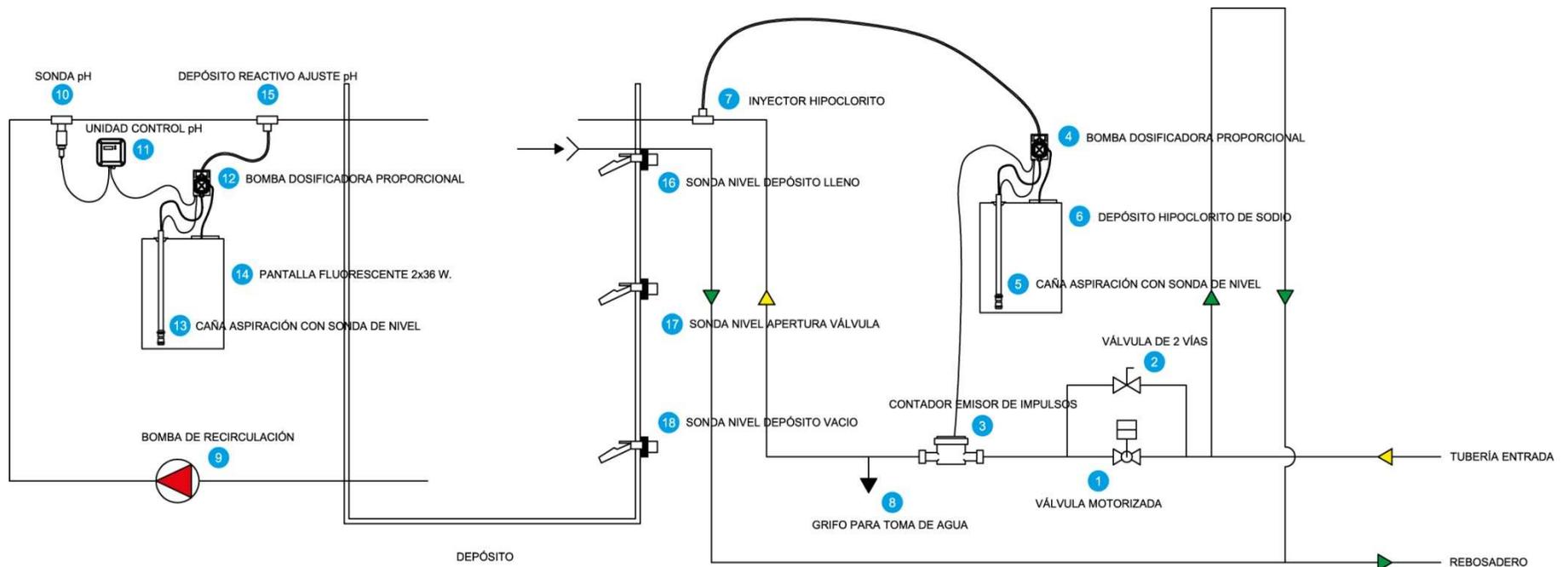
3.1.6. Principio de funcionamiento

Cuando la boya de nivel de mínimo esté activada, da orden al control para que la válvula motorizada se abra, permitiendo el paso de agua a través del contador de pulsos que ordena a la bomba dosificadora la cantidad proporcional de hipoclorito de sodio que debe inyectar para que éste se encuentre en un valor óptimo para el ser humano.

Cuando se detecta el nivel máximo de agua, se activa de nuevo la válvula motorizada cerrando la entrada de agua, fluyendo ésta hacia el desagüe sin ser tratada.

Mientras se va consumiendo el agua que se encuentra en el interior del depósito hasta alcanzar el nivel mínimo, momento en el que comienza de nuevo el ciclo.

3.2. Esquema de la instalación



4. INSTALACIONES REALIZADAS

En la actualidad se han instalado un total de 35 potabilizadoras solares en los Municipios de las Comarcas de El Bierzo y Laciana en la provincia de León.

- **Municipio de Arganza:** San Vicente de Arganza.
- **Municipio de Candín:** Candín, Balouta y Pereda de Ancares.
- **Municipio de Noceda del Bierzo:** Noceda del Bierzo, Cabanillas de San Justo y San Justo de Cabanillas.
- **Municipio de Peranzanes:** Guímara.
- **Municipio de Priaranza del Bierzo:** Priaranza del Bierzo.
- **Municipio de Puente de Domingo Flórez:** Castroquilame, Las Vegas de Yeres y Puente de Domingo Flórez.
- **Municipio de Sobrado:** Sobrado, Cabeza de Campo y Santo Tirso de Cabarcos.
- **Municipio de Toral de los Vados:** Paradela de Arriba, Paradela del Río y Valiña.
- **Municipio de Toreno:** Villar de las Traviesas, Santa Marina del Sil, Pardamaza y Valdelaloba.
- **Municipio de Torre del Bierzo:** La Granja de San Vicente.
- **Municipio de Vega de Valcarce:** Vega de Valcarce, La Braña, San Julián y Villasinde.
- **Municipio de Vega de Espinareda:** San Martín de Moreda, San Pedro de Olleros y Burbia.
- **Municipio de Villablino:** Sosas de Laciana y Robles de Laciana.
- **Municipio de Villafranca del Bierzo:** Tejeira, Villar de Acero y Cela.

BIBLIOGRAFÍA

Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas.

Ley 46/1999, de 13 de diciembre, de modificación de la Ley 29/1985, de Aguas.

Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de Dominio Público Hidráulico que desarrolla los títulos: preliminar, I, IV, V, VI y VIII del texto refundido de la Ley de Aguas, aprobado por Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de Julio.

Real Decreto 927/1988, de 29 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica, en desarrollo de los Títulos II y III de la Ley de Aguas.

Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. Orden SCO/3715/2005, de 21 de noviembre, sobre sustancias para el tratamiento de agua destinada a la producción de agua de consumo humano y posteriores actualizaciones.

Orden SAS/1915/2009, de 8 de julio, sobre sustancias para el tratamiento del agua destinada a la producción de agua de consumo humano.

Programa de vigilancia sanitaria del agua de consumo humano de Castilla y León.

Manual de tratamientos del agua de consumo humano de Castilla y León.