



Plan de la red de abastecimiento en el municipio de Soto del Real

Junio 2016

- Mejora y adecuación a la normativa de la E.T.A.P.
- Automatización y control de la red
- Obras hidráulicas para reducir pérdidas y control de fugas

Índice

Introducción.....	2
Calidad del agua	3
Mejora y adecuación a la normativa de la E.T.A.P.....	3
Generalidades de una E.T.A.P.....	3
Estado actual de las instalaciones	4
Deficiencias funcionales	4
Deficiencias eléctricas	13
Deficiencias en control e instrumentación	15
Deficiencias en seguridad y salud laboral	16
Otras deficiencias:	17
Solución	18
Desinfección.....	21
Automatización de la red de suministro	24
Obras hidráulicas.....	26
Fase I. E.T.A.P. – Hiruela	26
Fase II. Hiruela - Cañada	27
Estimación de costes de ejecución y plazos previstos	28

Introducción

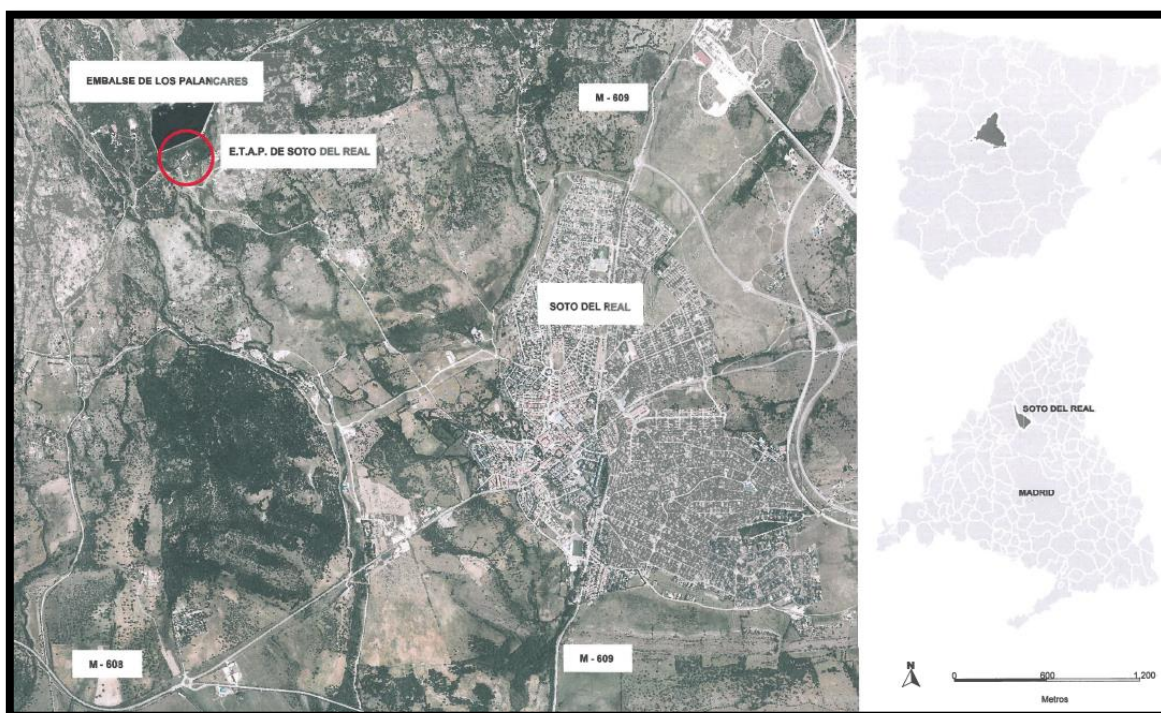
El presente documento contempla la necesidad del municipio de Soto del Real relacionado con el control de calidad y la red de distribución de agua potable.

La población de Soto del Real se abastece de agua del embalse de Los Palancares, disponiendo de dos Estaciones de Tratamiento de Agua Potable (E.T.A.P.).

Ambas E.T.A.P. presentan grandes deficiencias, con graves inconvenientes para su mantenimiento y explotación, además de incumplimiento de las normativas de aplicación a estas instalaciones. Si no fuera por la alta calidad del agua embalsada se podría decir que ambas E.T.A.P. son inservibles.

Por otro lado, la red de suministro está construida con tuberías de fibrocemento, un material inapropiado para el servicio de agua potable debido a la posibilidad de infiltraciones y a la facilidad de rotura por aumento de presión.

El objetivo de este documento es exponer las fases que toda E.T.A.P. debe tener para un tratamiento correcto del agua potable, generar una extensa relación de deficiencias con sus respectivas soluciones y/o recomendaciones y, por último, mejorar la solución propuesta en el *Proyecto de mejora y adecuación a la normativa de las instalaciones de la E.T.A.P. de Soto del Real* realizado por Nolter Ingeniería y Canal de Isabel II gestión. Además, se expondrán las actuaciones a realizar y los plazos previstos, así como la estimación de los costes de ejecución.



MAPA 1. MAPA DE SITUACIÓN DE LA E.T.A.P. DE SOTO DEL REAL

Calidad del agua

Mejora y adecuación a la normativa de la E.T.A.P.

Generalidades de una E.T.A.P.

Los procesos para potabilizar el agua siguen por lo general las siguientes fases bien diferenciadas:

1. **Captación:** Normalmente hay una primera reja donde los sólidos más grandes quedan retenidos. Estas rejas pueden tener un sistema automático de retirada/recogida de sólidos. Después puede haber más filtros o tamices con tamaños de luz más pequeños.
2. **Preoxidación:** Cámara o depósito previo a la potabilizadora donde se añade una primera dosis de cloro y de reactivos (coagulantes y floculantes). Esta cámara puede tener un agitador para facilitar la mezcla y acelerar el proceso.
3. **Decantación:** En esta parte de la estación el agua realiza un recorrido en el cual se facilita la sedimentación de sólidos en suspensión, flóculos y coágulos formados por la adición de reactivos en la fase anterior.
4. **Filtrado:** El filtrado del agua es el proceso fundamental de una estación potabilizadora, junto con la desinfección final. En esta fase el agua se vierte a unos filtros de arena (como la depuradora de una piscina), que tienen distintos tamaños (granulometría) en su perfil vertical, con gravas grandes en la parte más baja hasta las arenas más finas en la parte superior. Los filtros deben ser lavados con cierta periodicidad.
5. **Desinfección y neutralización (ajuste de pH):** El agua ya estaría libre de sólidos y se añade una dosis de cloro (en función del caudal) para eliminar posibles microorganismos perjudiciales no retenidos en las fases anteriores. El cloro permanece en la red de suministro asegurando la desinfección del agua durante todo el recorrido si la dosificación es correcta. Si el pH del agua se encuentra por debajo de 6 o por encima de 9 no es apta para consumo humano y es necesario realizar una corrección del pH. Esta fase puede situarse antes y después de la estación según las condiciones del agua.
6. **Distribución.**

Existe la posibilidad de añadir una línea de fangos para su control y aprovechamiento. Los fangos extraídos pueden tratarse para generar tierra vegetal siempre y cuando no haya metales pesados u otros contaminantes.

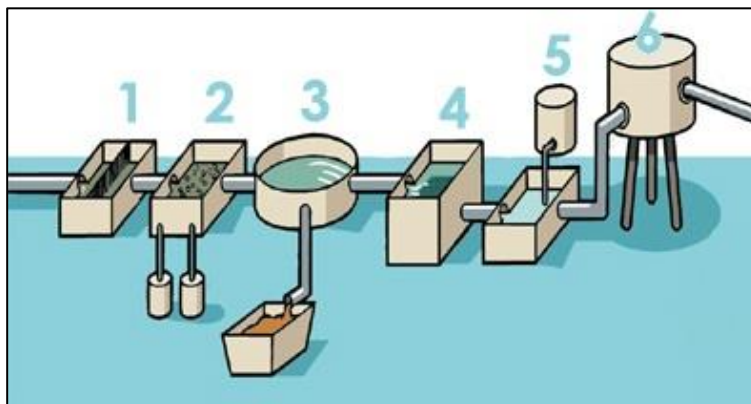


ILUSTRACIÓN 1. ESQUEMA TEÓRICO DE UNA E.T.A.P.

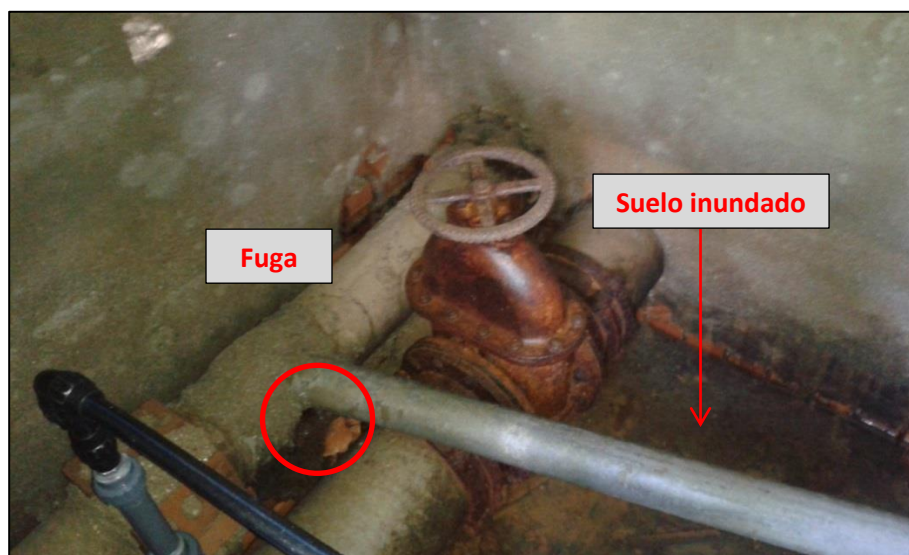
Estado actual de las instalaciones

Deficiencias funcionales:

Estas deficiencias son aquellas que no permiten garantizar la calidad exigida en el efluente, además de materiales e instalaciones que son inadecuadas para la explotación normal de las instalaciones y deben ser sustituidos por no cumplir su función.

1. **Captación:** Caseta con medidas inapropiadas para su mantenimiento. **Fugas** en las conducciones que provocan la **inundación** de la caseta.
2. **Preoxidación:** Inexistente. No es posible añadir coagulantes ni floculantes en caso de recibir un agua bruta con peores características a las habituales. La **ausencia de caudalímetro** y de estación de calidad (para pH, temperatura, conductividad y turbidez) impide conocer la cantidad de agua a tratar y una correcta dosificación de reactivos.
3. **Decantación:** Solo existe un laberinto de decantación en la E.T.A.P. invernal. Es muy posible que existan fugas.
4. **Filtros:** El estado y diseño deben ser revisados completamente. **Grandes fugas** por infiltración en los muros y por válvulas en mal estado en ambos edificios. También es probable que estos filtros no soporten una dosificación de reactivos más agresivos. La entrada de agua no es adecuada, probablemente no se reparta homogéneamente. El lavado se realiza a mano y con agua sin tratar, además, la ausencia de caudalímetro a la entrada de la E.T.A.P., impide un correcto control de la frecuencia de lavado. Las canaletas de recogida de agua de lavado y seguramente el falso fondo deberán ser renovados, es posible que se pierda mucha arena de los filtros. La arena nunca ha sido renovada.
5. **Desinfección y neutralización:** Ausencia de estación de calidad para una correcta dosificación de cloro y estabilizador de pH. La dosificación se realiza de forma manual y sin tener en cuenta el caudal y las condiciones del agua a tratar. Incumplimiento de la normativa ITC MIE APQ-3 sobre las instalaciones de almacenamiento de cloro gas. De forma adicional la dosificación de cloro se realiza de forma manual en los depósitos que se encuentran repartidos por todo el municipio. Estos procesos deben ser automatizados para realizar un análisis del agua con aparatos de medición precisos y, en función del resultado, realizar una dosificación correcta.
6. **Distribución:** Ausencia de caudalímetro a la salida de la E.T.A.P. para el control del agua total tratada.
7. **Otras (relacionadas con las “Normas para redes de abastecimiento de agua” de Canal de Isabel II Gestión S.A.):**
 - a. Los elementos de maniobra y control no cumplen con la especificación técnica de elementos de maniobra y control.
 - b. Las válvulas no disponen de carretes de desmontaje y las tuberías de los filtros están fijadas con soportes de hormigón y no con estructuras metálicas desmontables, dificultando su reparación.
 - c. Las **tuberías** enterradas y vistas son de **fibrocemento** (material inadecuado) en su mayoría. Es necesaria una comprobación de fugas. Es aconsejable sustituir dichas conducciones por otras de fundición, material mucho más resistente a variaciones de presión importantes y sin posibilidad de infiltraciones.
 - d. La mayoría de las arquetas se encuentran en mal estado y no están bien construidas. Dificultan la sustitución de válvulas.
 - e. En la ETAP invernal la granulometría de la arena no es la correcta para el filtrado.

1. Captación



FOTOGRAFÍA 1. CASETA DE CAPTACIÓN. VÁLVULAS OXIDADAS. FUGAS E INUNDACIÓN EN LA CASETA.



FOTOGRAFÍA 2. DETALLE DE VÁLVULAS OXIDADAS. VÁLVULAS QUE REGULAN LA ENTRADA A LA E.T.A.P. INVERNAL.

- Válvulas oxidadas muy difíciles o casi imposibles de manejar.
- Tuberías de fibrocemento.
- Imposibilidad de incluir sistema eléctrico.

2. Preoxidación

Inexistente

3. Decantación



FOTOGRAFÍA 3. LABERINTO DE DECANTACIÓN DE LA E.T.A.P. INVERNAL.

- Solo existe un laberinto de decantación, la E.T.A.P. estival no tiene ninguno.
- Alta probabilidad de fugas.
- Sistema eléctrico anulado por incumplimiento de reglamento.

4. Filtros



FOTOGRAFÍA 4. FILTROS DE LA E.T.A.P. INVERNAL. LA ALTURA DEL TECHO ES INSUFICIENTE PARA LAS TAREAS DE LAVADO MANUAL. LA GRANULOMETRÍA ES INADECUADA. EXISTEN FUGAS IMPORTANTES. EL REPARTO DE AGUA A LOS FILTROS NO ES HOMOGÉNEO.

- Granulometría inadecuada.
- Reparto heterogéneo.
- Fugas importantes.
- Dimensiones inapropiadas para mantenimiento.
- Nunca se ha renovado la arena de los filtros.



FOTOGRAFÍA 5. PASILLO DE ACCESO A FILTROS DE LA E.T.A.P. INVERNAL. CONDUCCIONES DE RECOGIDA DE AGUA FILTRADA. NUMEROSAS FUGAS.

- Fugas importantes.
- Suelo inundado.
- Tuberías de fibrocemento.
- Válvulas oxidadas y totalmente disfuncionales.



FOTOGRAFÍA 6. PASILLO DE ACCESO A FILTROS DE LA E.T.A.P. ESTIVAL. CONDUCCIONES DE REPARTO A FILTROS Y RECEPCIÓN DE AGUA FILTRADA.

- Dimensiones no normalizadas. Espacios inadecuados para mantenimiento.
- Válvulas oxidadas.
- Reparto a filtros heterogéneo.
- Tuberías de fibrocemento.
- Sujeción con hormigón y no con material metálico desmontable.



FOTOGRAFÍA 7. DETALLE DE VÁLVULA CON FUGA Y SURGENCIAS DE AGUA EN EL SUELO DEL PASILLO DE LA E.T.A.P. ESTIVAL.



ILUSTRACIÓN 2. FILTROS E.T.A.P. ESTIVAL. ES PROBABLE QUE LOS MUROS DE LOS FILTROS NO SOPORTEN UNA DOSIFICACIÓN DE REACTIVOS MÁS AGRESIVOS

- Lavado con agua sin tratar. El agua sin tratar entra por debajo de los filtros, por lo que la materia orgánica y los patógenos quedan retenidos en su interior. Solo se elimina la capa superficial.
- Las canaletas de recogida de agua de lavado, la impermeabilidad de los muros y el falso fondo han quedado obsoletos y deben ser renovados.
- Las posibles filtraciones no permitirían la utilización de reactivos más agresivos que dañarían más las instalaciones y por riesgo de contaminación del acuífero (aguas subterráneas).
- Nunca se ha renovado la arena de los filtros.

5. Desinfección



FOTOGRAFÍA 8. SALA DE DOSIFICACIÓN DE CLORO GAS.

- No se dispone de caudalímetro para dosificar correctamente el cloro.
- No se dispone de estación de calidad para realizar una correcta dosificación del cloro.



FOTOGRAFÍA 9. ALMACENAMIENTO DE CLORO GAS.

- Almacenamiento no acorde a la normativa MIE-APQ-3, regulada por RD 379/2001 por el que se aprueba el reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instalaciones técnicas complementarias.
- La instalación eléctrica en esta sala no cuenta con protección ante atmósferas explosivas (normativa ATEX).

6. Distribución



ILUSTRACIÓN 3. TUBERÍAS DE SALIDA DE AGUA A DEPÓSITOS (HIRUELA, SOTOSIERRA, ETC.) ROTAS.

- Tuberías de fibrocemento rotas, lo que demuestra lo inapropiado que es este material.
- Riesgo de intrusión de seres vivos (insectos, roedores, anfibios...).



FOTOGRAFÍA 10. DETALLE Y DEMOSTRACIÓN DE INTRUSIÓN DE SERES VIVOS (SALAMANDRA, SAPO Y RANA) EN ARQUETAS. ESTA ARQUETA PERTENECE AL DEPÓSITO DE LA HIRUELA.



FOTOGRAFÍA 11. DETALLE Y DEMOSTRACIÓN DE INTRUSIÓN DE SERES VIVOS (SALAMANDRA, SAPO Y RANA) EN ARQUETAS. ESTA ARQUETA PERTENECE AL DEPÓSITO DE LA HIRUELA.

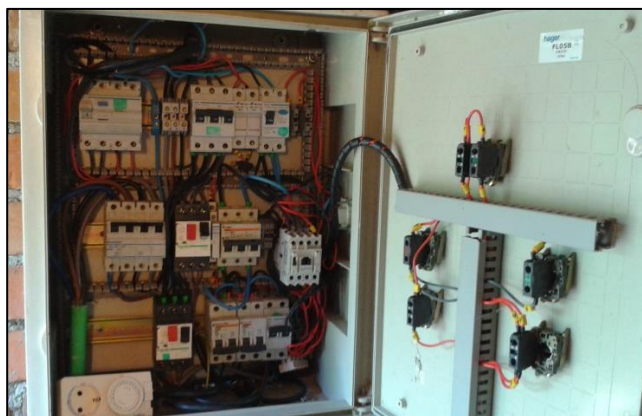
Deficiencias eléctricas:

Las instalaciones deberían verificar el Reglamento bajo el cual fueron diseñadas:

- RD 3275/82, Reglamento de Centrales Térmicas y Centros de Transformación.
- RD 2413/1973 (vigente hasta 2003), Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (R.E.B.T.).
- RD 842/2002, Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión. Por el que se deroga el RD 2413/1973 y según el cual deberían haberse diseñado y ejecutado todas las modificaciones o ampliaciones de las instalaciones eléctricas que se hubiesen realizado con posterioridad a 20 de septiembre de 2003.

Las deficiencias se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Necesidad de revisión de las instalaciones por un Organismo de Control Autorizado (O.C.A.) y obtención de informe de deficiencias leves y graves.
- Todos los cuadros deberían estar en el interior de los edificios, rotulados y en envolventes metálicas.
- La instalación está sin terminar (iluminación, canaletas o bandejas para cableado, etc.).
- Debe cumplir con el grado de protección ante caída vertical de gotas de agua.
- Sin protección contra fenómenos atmosféricos (pararrayos).
- Sin alumbrado exterior.
- No existe transformador de reserva, ni grupo electrógeno u otra fuente de suministro eléctrico adicional.



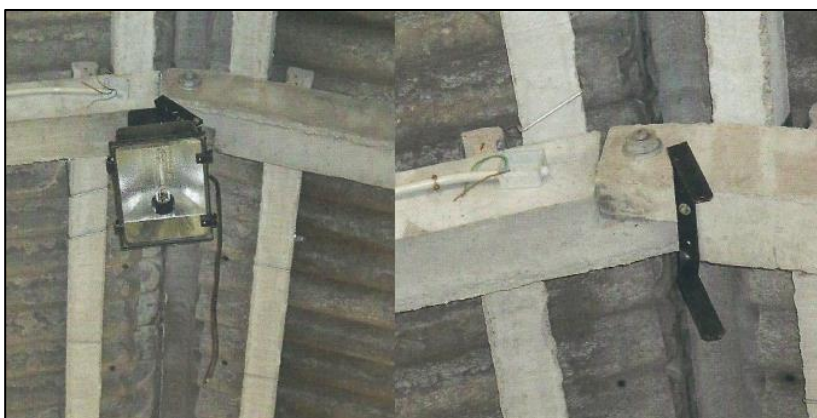
FOTOGRAFÍA 12. CUADRO GENERAL DE LA E.T.A.P. INVERNAL. LOS PUENTES ESTÁN AL ALCANCE DE LA MANO, DEBERÍAN ESTAR TRAS PLACAS DE MONTAJE.



FOTOGRAFÍA 13. CABLEADO EN LA E.T.A.P. INVERNAL. TENDIDOS AL AIRE Y GRAPADO EN PARED SIN CANAL, BANDEJA O TUBOS. ILUMINACIÓN SIN LUMINARIAS.



FOTOGRAFÍA 14. ZONA DE DOSIFICACIÓN DE CLORO GAS JUNTO A INSTALACIÓN ELÉCTRICA SIN PROTECCIÓN ANTE ATMÓSFERAS EXPLOSIVAS (NORMATIVA ATEX).



FOTOGRAFÍA 15. DETALLE DE ILUMINACIÓN SIN TERMINAR DE INSTALAR.

Deficiencias en control e instrumentación:

Ausencia de:

- Caudalímetros para el control del agua recibida y tratada, también necesario para la correcta dosificación de reactivos.
- Estación de calidad para el control de los parámetros del agua recibida y tratada (pH temperatura, conductividad y turbidez) necesario para la correcta dosificación de reactivos (desinfectantes, coagulantes y floculantes).
- Medidores de nivel de lámina de agua en cámara de preoxidación y filtros.
- Dispositivo de control y visualización de estado de equipos y parámetros del agua.

Hasta ahora no se han utilizado **dispositivos de precisión** para el control de parámetros del agua, lo cual incrementa el error en la medición por error instrumental y error humano.

Conviene incluir un **autómata** para el control automático de equipos y procesos, lo cual permitirá la visualización en conjunto de las instalaciones y el estado del agua. También permitirá el envío de **alarmas** en caso de incidencias.

Deficiencias en seguridad y salud laboral:

Las instalaciones actuales no cumplen la normativa vigente en materia de seguridad laboral.

No existen medidas de protección colectivas, ni individuales, ni contra incendios, sobre todo en el edificio antiguo de filtración que no puede ser adaptado a la normativa vigente, y que, en lugar de contar con alguna medida para evitar riesgos, su propia distribución e instalaciones los incrementan.



FOTOGRAFÍA 16. PASOS NO NORMALIZADOS Y FALTA DE BARANDILLAS. RIESGO DE CAÍDA A DISTINTO NIVEL DE MÁS DE 2 METROS.



FOTOGRAFÍA 17. FILTRO E.T.A.P. INVERNAL. SIN BARANDILLAS DE SEGURIDAD. DIMENSIONES INAPROPIADAS.



FOTOGRAFÍA 18. ALMACENAMIENTO DE BOMBONAS DE CLORO GAS NO ACORDE A LA NORMATIVA MIE-APQ-3, REGULADA POR RD 379/2001 POR EL QUE SE APRUEBA EL REGLAMENTO DE ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS QUÍMICOS Y SUS INSTALACIONES TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS

Otras deficiencias:

Sólo existe un vallado parcial en la zona de acceso a las potabilizadoras. Será necesario **completar el cerramiento exterior** para evitar las responsabilidades derivadas de cualquier incidente o accidente de personal ajeno a las instalaciones.

Se recomienda realizar pruebas de estanqueidad de los colectores para comprobar su estado.

Solución

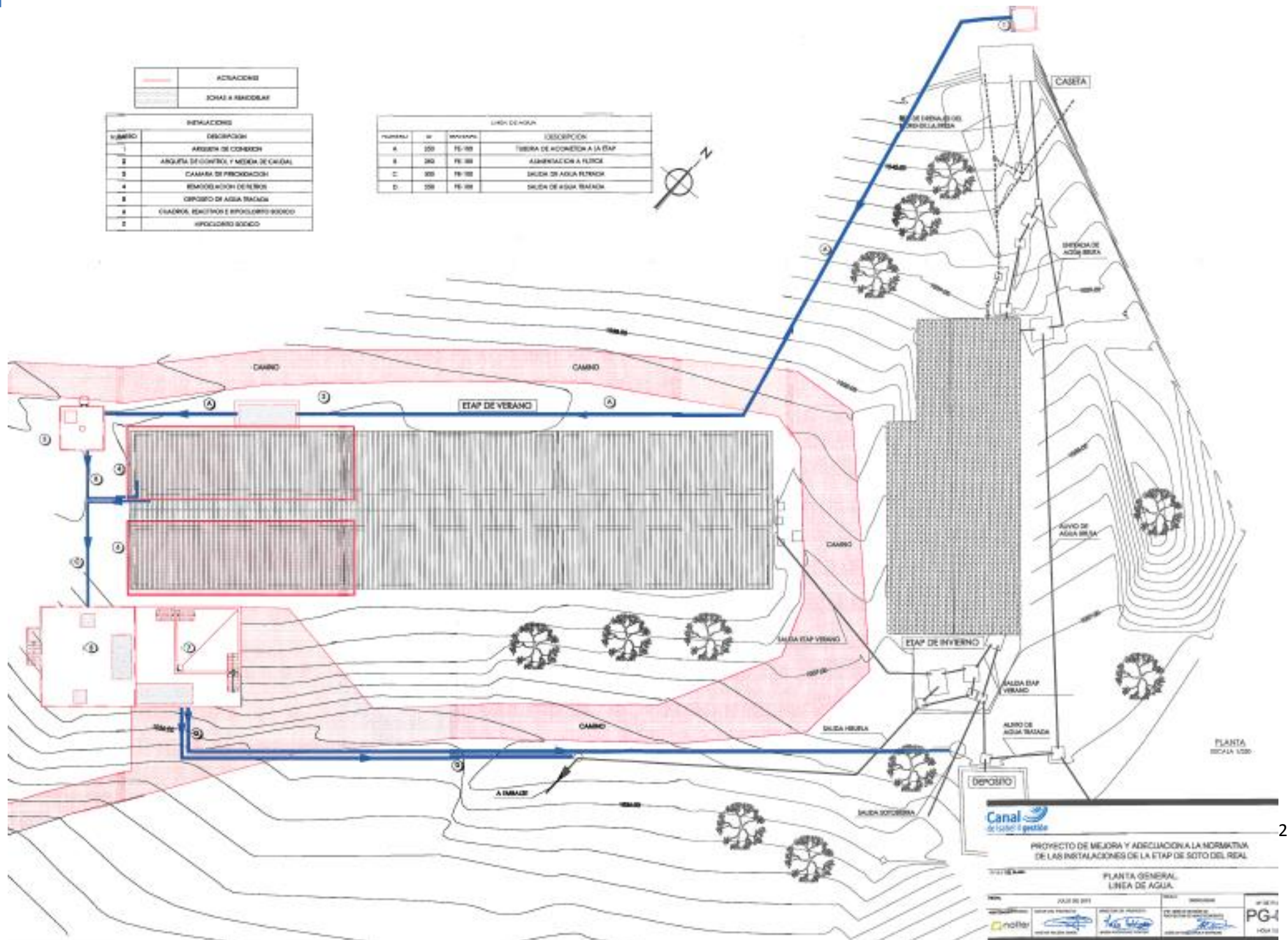
Se propone remodelar la E.T.A.P. estival adoptando el proceso de filtración rápida con capacidad máxima para 8000 m³/día. La E.T.A.P. invernall se mantendría en funcionamiento hasta terminar la remodelación para, después, dejar estas instalaciones fuera de servicio. Se acometerían las siguientes actuaciones parciales:

1. Instalación de un caudalímetro electromagnético a la entrada de la E.T.A.P., con su correspondiente by-pass. Instalación de estación de calidad para dosificación de reactivos en esta fase (parámetros de turbidez, pH, conductividad y Tª).
2. Construcción de una cámara de llegada y preoxidación, y que incluso pueda actuar eventualmente como cámara de mezcla con instalación de un agitador vertical para conseguir el efecto deseado de los reactivos.
3. Construcción de un laberinto o cámara de decantación.
4. Acondicionado y mejora de los filtros actuales construyendo 3 unidades (filtros rápidos) de superficie efectiva 4x4 metros incluyendo:
 - a. Retirada y demolición del sistema de salida de agua tratada actual por un nuevo falso fondo tipo LEOPOLD.
 - b. Impermeabilización y reparación con productos adecuados de la base y los muros de los filtros.
 - c. Renovación de la arena de los filtros.
 - d. Instalación de un sistema de lavado automático con agua tratada, para ello es necesario acometer las siguientes actuaciones:
 - Construcción de un depósito de agua filtrada en el exterior del edificio.
 - Nuevo bombeo de agua de lavado, mediante dos bombas.
 - Renovación y sustitución de las tuberías existentes de entrada y salida del filtro, incorporando además válvulas de mariposa automáticas.
 - Renovación de los canales de recogida del agua procedente del lavado de los filtros.
 - Construcción de un depósito de agua procedente del lavado de los filtros, incorporando un bombeo que posibilite el retorno de una parte de las aguas a la cabecera de la instalación.
5. Desinfección final mediante hipoclorito sódico.
6. Instalación de caudalímetro para medida de caudal de agua tratada y estación de calidad con parámetros de turbidez, conductividad, pH, Tª y cloro, para el control en la dosificación de hipoclorito sódico en la desinfección final.
7. Suministro e instalación de un sistema de almacenamiento y dosificación de reactivos de desinfección (hipoclorito y espacio para futura aplicación de hidróxido de amonio).
8. Acondicionado y ejecución de nuevos elementos de la instalación eléctrica actual.
9. Instalación de un sistema de control (autómata) que, junto con la instrumentación, permita un funcionamiento, como mínimo, semi-automático del proceso de potabilización.
10. Rehabilitación del edificio existente (establecer una zona de control, almacén, carpintería en ventanas y vidrios, ventilación, cerramientos, iluminación etc.).
11. Acondicionado de la urbanización que rodea al edificio.



IMAGEN 1. MAPA CON LA DISPOSICIÓN PREVISTA DE LOS NUEVOS ELEMENTOS CONTEMPLADOS EN EL PROYECTO

Plan de la red de abastecimiento en el municipio de Soto del Real



Desinfección

La desinfección es el proceso mediante el cual se eliminan los patógenos del agua, por ello la importancia de esta fase del tratamiento es vital para asegurar la calidad del agua potable. En este proceso suele también eliminar materia orgánica no viva y muchas veces responsable de sabor, color y olor, aunque, por otro lado, un exceso de reactivo en la desinfección puede incrementar las condiciones organolépticas no deseadas. Por este motivo es muy importante tener un control preciso y constante.

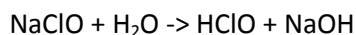
Las características que resumen un buen desinfectante son la capacidad de destruir los microorganismos patógenos, no ser tóxico en las cantidades normales de utilización, coste asequible y que tenga un efecto residual (perdure en el tiempo) de manera que constituya una barrera sanitaria contra la recontaminación en la red de distribución.

La popularidad del cloro, en la desinfección del agua, se debe al hecho de que tiene amplio poder bactericida y capacidad residual. No obstante su utilidad va más allá, previene el crecimiento de algas, mantiene limpios los lechos filtrantes, es relativamente efectivo en la oxidación de compuestos orgánicos e inorgánicos, además de ser fácilmente accesible en las formas de gas, tabletas o soluciones de hipoclorito. Además, es más barato con relación a otros desinfectantes, de mayor facilidad de aplicación debido a solubilidad en agua.

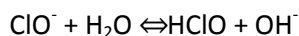
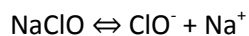
Hipoclorito sódico

Es una solución acuosa de color amarillo suave, con olor clásico a lejía y tacto jabonoso. Reacciona con el agua de la siguiente forma:

Hipoclorito sódico + agua = ácido hipocloroso + hidróxido sódico



El Hipoclorito sódico o lejía, junto con el hipoclorito de calcio son los derivados del cloro más utilizados como alternativa al cloro gaseoso. Al igual que el cloro, el hipoclorito es un oxidante muy potente y un desinfectante eficaz. El hipoclorito sódico se disocia en agua de acuerdo con la siguiente reacción:



Las ventajas de la desinfección con hipoclorito sódico, incluyen las mismas que el cloro gas en cuanto a la eficacia y protección residual, sumándose otras como mayor sencillez y seguridad en la aplicación.

La inestabilidad de la solución de hipoclorito es el mayor problema de este reactivo y tiene como consecuencia la necesidad de aumentar la dosificación y, por lo tanto, el coste. Diferentes factores influyen en la estabilidad de la solución de hipoclorito: concentración de la solución, temperatura, exposición a la luz, pH y presencia de metales, lo que puede producir una disminución de su concentración a razón de 0.75g de cloro activo por día. Esto significa una vida corta por lo cual es importante controlar la tasa de descomposición y extender su tiempo de vida útil, que se consigue controlando dichos factores.

La aplicación de hipoclorito generalmente se hace a través de bombas dosificadoras o dosificador automático, que permite controlar la frecuencia y el volumen de inyección del producto, a la tubería de entrada de agua al depósito. El ajuste de dosificación de la bomba requiere el conocimiento de la concentración del desinfectante y flujo de entrada de agua en el depósito. La vigente Directiva 98/83/CE y el R.D 140/2003 fijan un máximo residual de cloro libre y combinado, respectivamente, de 1.0 y 2.0 mg/L medidos en el punto de consumo, pero nada dice del contenido mínimo. En España, muchas Comunidades Autónomas, entre ellas Castilla y León, acordaron un mínimo de 0.5 mg/L a la salida del depósito y 0.2 mg/L en el grifo del consumidor.

Cloraminas

Las cloraminas son compuestos nitrogenados del cloro, cuya característica más importante en potabilización es su gran estabilidad.

Para la generación de la cloraminas generalmente se utiliza hipoclorito sódico e hidróxido de amonio. El proceso consiste en la aplicación de ambos compuestos, los cuales reaccionan proporcionando un equilibrio de distintas especies químicas. El cloro adicionado va reaccionando en varios pasos con el amonio: primero se forman monocloraminas (ClNH_2), después dicloraminas (Cl_2NH), en tercer lugar tricloruro de nitrógeno o tricloraminas (Cl_3N), para finalmente detectar cloro libre.

La proporción con que se producen una u otra cloramina dependen de factores como la concentración de reactivos en el agua, temperatura y tiempo de reacción, pero sobre todo del pH y la relación inicial de reactivos. A pH superior a 7 ($\text{pH} > 7.0$) y exceso de cloro (en relación 4 a 1 en peso), predominará la formación de monocloramina. De esta manera, a los valores de pH normales de tratamiento del agua entre 7.0 - 8.0 fundamentalmente están presentes las monocloraminas que es la especie preferible ya que no originan problemas de sabores y olores. La dicloramina posee la tasa de formación más baja alcanzando su máximo a $\text{pH} < 5.0$. Las tricloraminas solo se formaran a valores de $\text{pH} < 4.0$ o en gran exceso de cloro. Estas dos últimas especies producen malos olores y sabores pero estarán en proporciones despreciables al pH de consumo.

La información toxicológica sobre cloraminas todavía es limitada. Estudios realizados por la E.P.A. (Environmental Protection Agency) muestran efecto en el hígado de ratas y ratones a los cuales se les había administrado durante 91 días agua con dosis de 200 y 400 mg/L de monocloraminas. También se observaron alteraciones citológicas en el hígado de ratones a los que se administraron 400 mg de cloraminas en el agua durante el mismo período, aunque en las ratas no se observaron efectos relacionados. Basado en los resultados de inflamaciones crónicas en el hígado de ratones se sugirió un NOAEL (Nivel de efecto adverso no observable) de 50mg/l o 8,3 mg/Kg/día.

En comparación con los desinfectantes más empleados, la **eficiencia bactericida** de las cloraminas en los tratamientos de agua quedaría con el siguiente orden:

Ozono > Dióxido de cloro > Cloro libre (e Hipoclorito sódico) > Cloraminas

En cuanto a la **estabilidad y persistencia** en la red de distribución el orden sería:

Cloraminas > Dióxido de cloro > Cloro libre (e Hipoclorito sódico) > Ozono

Como puede comprobarse las cloraminas tienen gran estabilidad debido a una constante de disociación baja, pero que permite la liberación constante de ácido hipocloroso (HClO), el verdadero agente oxidante que realiza la función biocida. Las cloraminas son 10-25 veces menos oxidantes que el ácido hipocloroso, por ello necesitan mayor concentración y tiempo de contacto para la eficacia de la desinfección.

Para el caso de Soto del Real, la utilización de cloraminas no es recomendable pues no existen grandes recorridos de tuberías de suministro que requieran la gran estabilidad y persistencia de las cloraminas. La utilización de hipoclorito sódico será suficiente para garantizar la desinfección en la red de abastecimiento, además de ser un reactivo más barato, sencillo y seguro de aplicar. No obstante, el proyecto de remodelación de la E.T.A.P. contempla la posible utilización de cloraminas en el futuro.
--

Automatización de la red de suministro

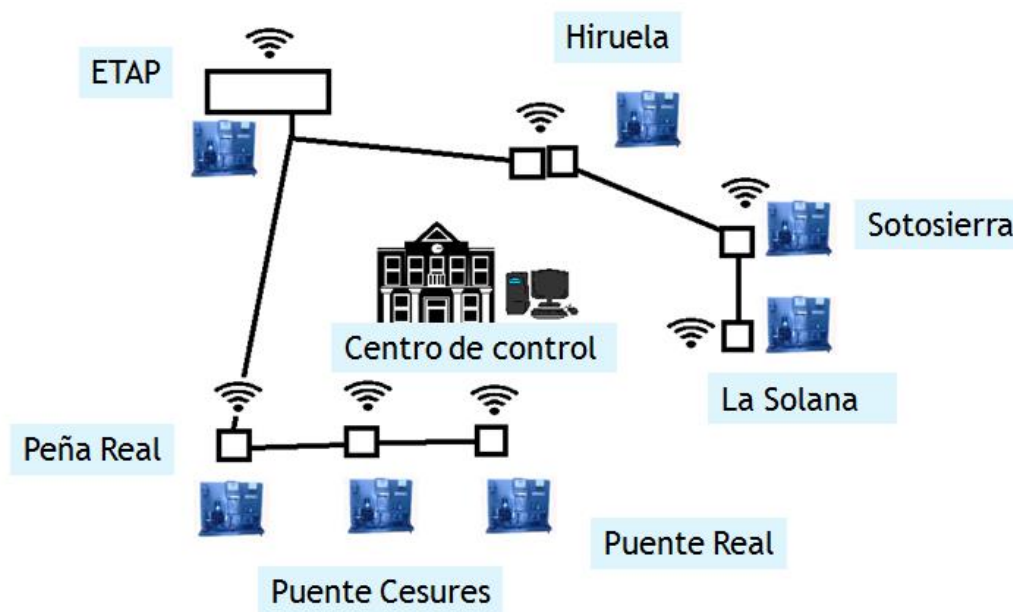


ILUSTRACIÓN 4. ESQUEMA DE LA AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE LA RED DE DEPÓSITOS DE ABASTECIMIENTO. CADA DEPÓSITO CUENTA CON UNA ESTACIÓN DE CALIDAD (pH, Tª, CLORO, CONDUCTIVIDAD Y TURBIDEZ) Y UNA ESTACIÓN REMOTA QUE SE COMUNICA CON LAS OTRAS ESTACIONES Y EL CENTRO DE CONTROL.

La automatización de la desinfección mediante estaciones de calidad es más eficiente que el método actual, el cual consiste en el desplazamiento de un técnico depósito por depósito, analizando el agua en cada uno de ellos y dosificando según el resultado. Con la automatización se evitan problemas por error humano, se consigue precisión y además la seguridad de envío de alarmas al puesto central de forma instantánea cuando los valores se salen de los rangos normales.

La automatización consistirá en la instalación de estaciones de calidad y estaciones remotas en los depósitos Hiruela, Sotosierra, La Solana, Peña Real, Puente Cesures y Puente Real. Dichas estaciones de calidad medirán en continuo pH, temperatura, conductividad, turbidez y cloro. Si algún parámetro se sale del rango establecido las estaciones remotas envían alarmas al centro de control de forma automática y dan la orden para corregir el valor en cuestión (cuando se trata de pH y cloro).

El centro de control en el ayuntamiento registra las alarmas, genera gráficos e informes y realiza un seguimiento de la evolución y estado del sistema. Es necesario puntualizar que las estaciones pueden funcionar de forma autónoma, independientemente del centro de control.

Además se puede realizar un control de fugas gracias a los caudalímetros que registrarán el agua tratada y enviada a cada depósito.



FOTOGRAFÍA 19. EJEMPLO DE ESTACIÓN DE CALIDAD INSTALADA EN DEPÓSITO DE LA HIRUELA. MEDIRÁ LOS PARÁMETROS TEMPERATURA, pH, CLORO, TURBIDEZ Y CONDUCTIVIDAD.

Obras hidráulicas

Fase I. E.T.A.P. – Hiruela

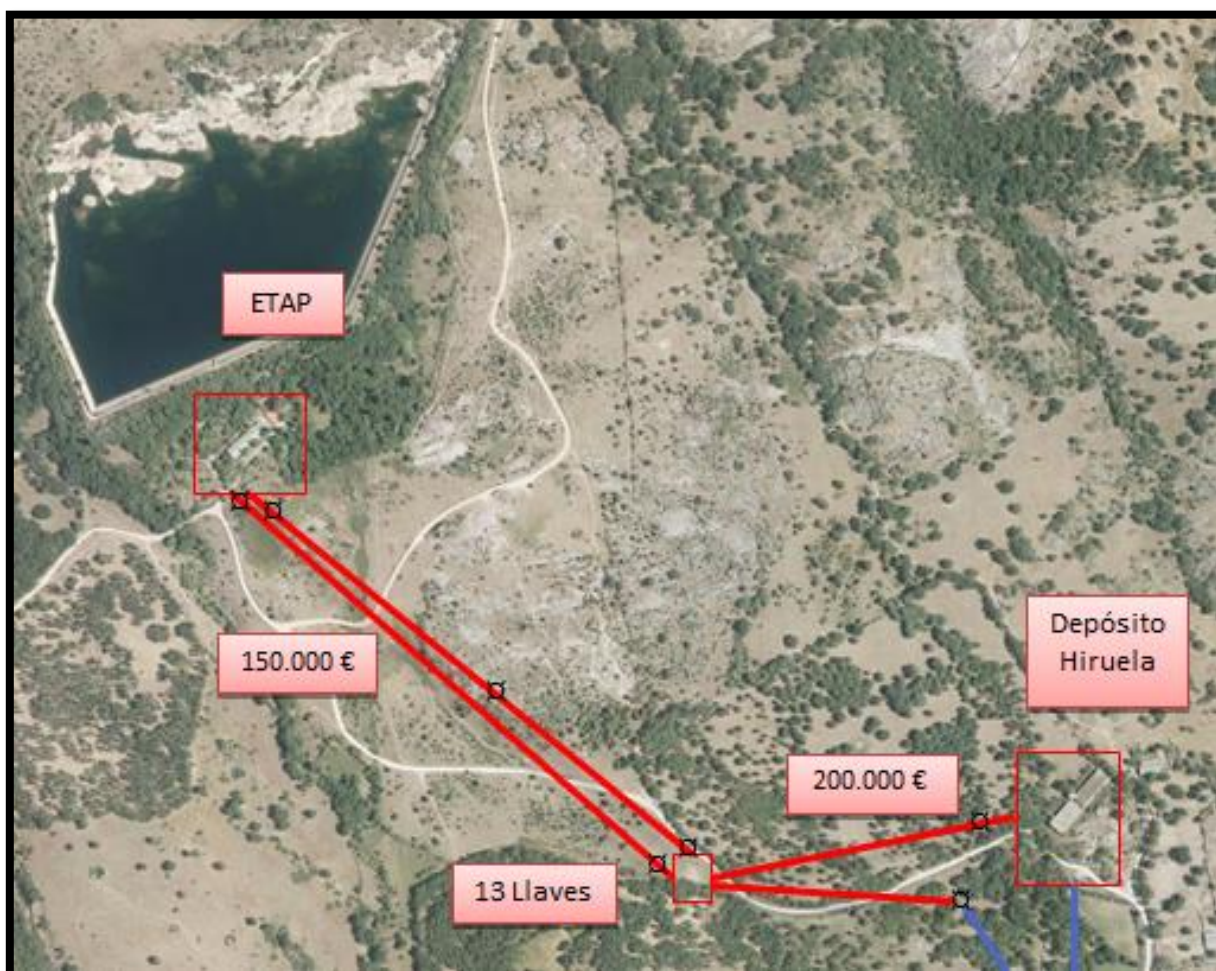


IMAGEN 2. ESQUEMA DE LA PRIMERA FASE DE SUSTITUCIÓN DE TUBERÍAS DE FIBROCEMENTO DESDE LA E.T.A.P. HASTA EL DEPÓSITO DE LA HIRUELA.

La fase I consistirá en la sustitución de las tuberías de fibrocemento existentes por tuberías de fundición, desde la E.T.A.P. hasta la arqueta de las 13 llaves y de ahí al depósito de la Hiruela. Los elementos principales serán los siguientes:

- 2 tuberías de fundición de 250mm de sección y aproximadamente 1.200 metros de longitud cada una, medido sobre el recorrido del camino. En total serían unos 2400 metros de tuberías
- 7 válvulas monitorizadas.
- 2 caudalímetros para control de fugas.

Fase II. Hiruela - Cañada

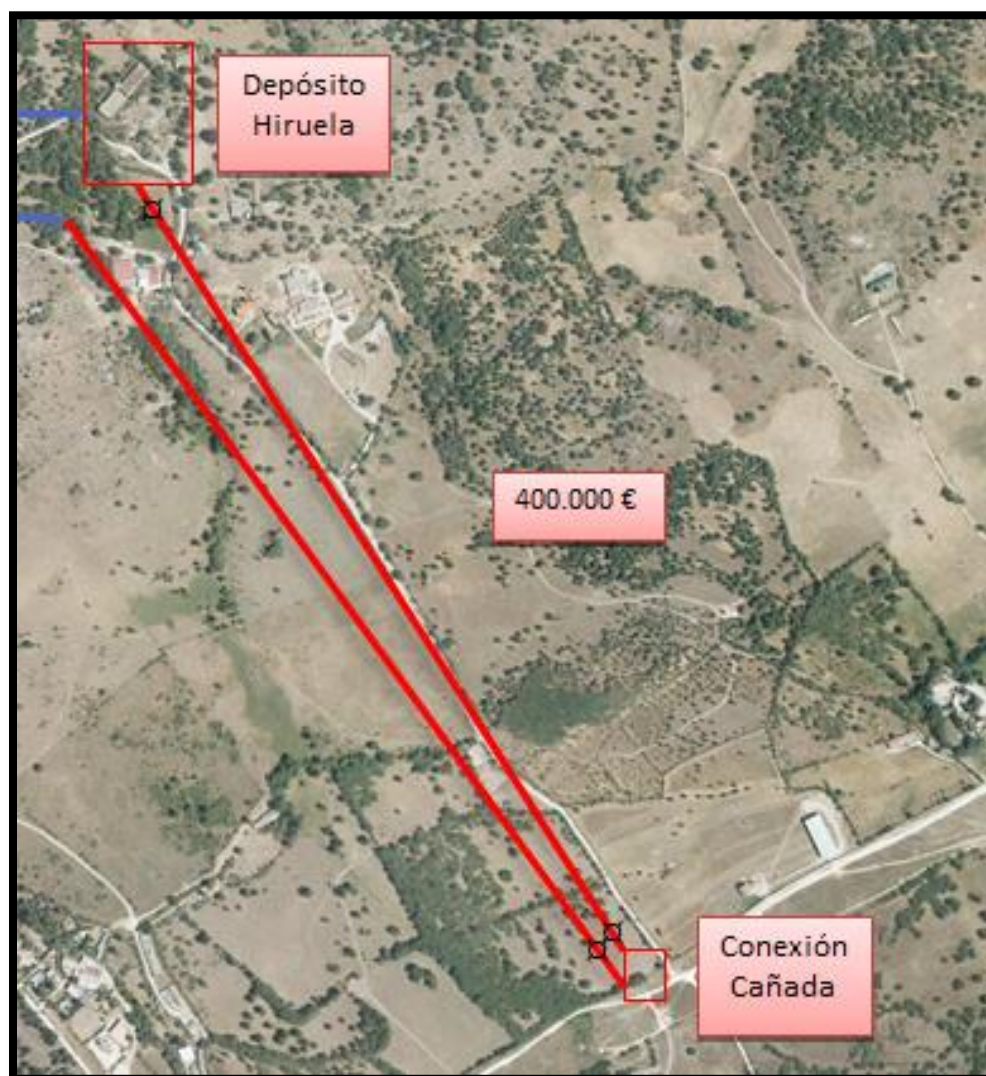


IMAGEN 3. ESQUEMA DE LA SEGUNDA FASE DE SUSTITUCIÓN DE TUBERÍAS DE FIBROCEMENTO DESDE EL DEPÓSITO DE LA HIRUELA HASTA LA CAÑADA.

La fase II consistirá en la sustitución las tuberías de fibrocemento existentes por tuberías de fundición desde el depósito de la Hiruela hasta la Cañada. Los elementos principales serán los siguientes:

- 2 tuberías de fundición de 250 mm de sección y aproximadamente 1.350 metros de longitud cada una, medido sobre el recorrido del camino. En total serían unos 2700 metros de tubería.
- 3 válvulas motorizadas.
- 2 caudalímetros.

Estimación de costes de ejecución y plazos previstos

TABLA 1. ESTIMACIÓN DEL COSTE DE EJECUCIÓN.

Actuaciones	Plazo de ejecución previsto	Estimación del coste (€)
E.T.A.P.	Noviembre 2017/18	520.000
Automatización (parcialmente ejecutado)	2016/17	145.000
Fase I	Octubre 2016	350.000
Total		1.015.000