



Autores:

Encarnación Escot Toledo
María Fernanda Martínez Villa
Laura Pozo Morales
Julián Lebrato Martínez
Esperanza Ortega de los Santos
Manuel Franco Tovar
María Dolores Garvi Higuera

LIMPIEZA QUÍMICA DE TUBERÍAS DE ABASTECIMIENTO

Eliminación de hierro y manganeso

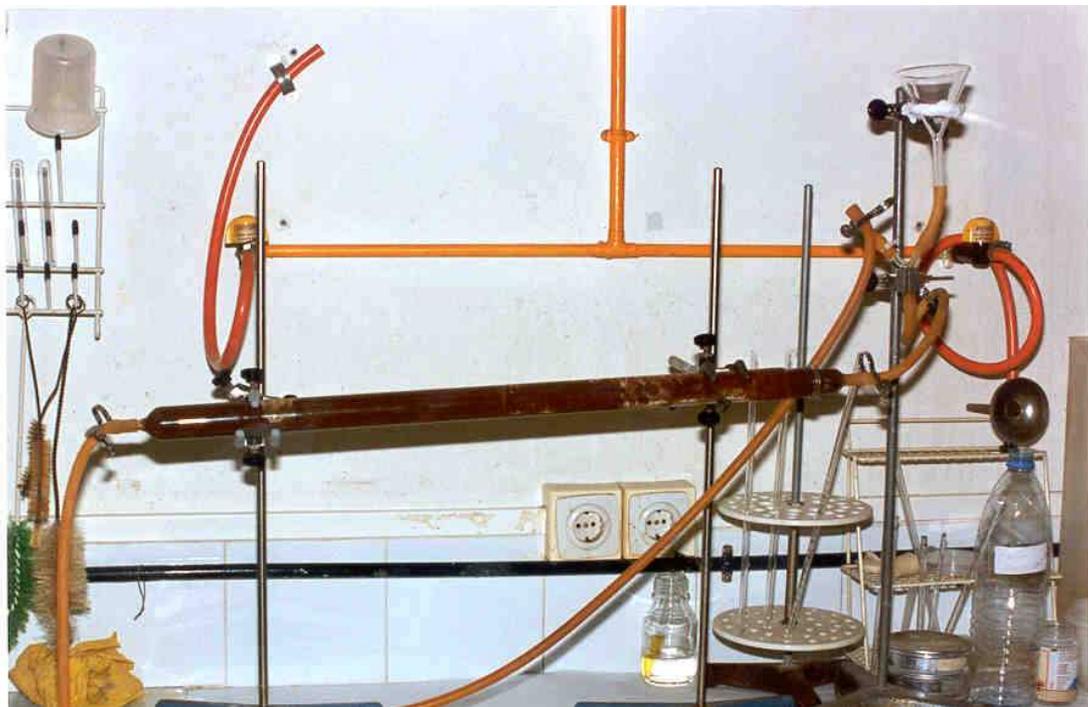
LIMPIEZA QUÍMICA DE TUBERÍAS DE ABASTECIMIENTO



ESCUELA INTERNACIONAL
DE INGENIERÍA DEL AGUA
DE ANDALUCÍA



**LIMPIEZA QUÍMICA DE TUBERÍAS DE
ABASTECIMIENTO. ELIMINACIÓN DE HIERRO Y
MANGANESO.**



AR

Editorial: EIA.

I.S.B.N. 978-84-613-5439-9

Edición: 2009

Correo: grupotar@us.es

www.grupotar.net

Autores.

Encarnación Escot Toledo

María Fernanda Martínez Villa

Laura Pozo Morales. Grupo TAR. U. Sevilla

Julián Lebrato Martínez. Grupo TAR. U. Sevilla.

Esperanza Ortega de los Santos. EIA.

Manuel Franco Tovar. EIA.

María Dolores Garvi Higuera. EIA.

ÍNDICE

LIMPIEZA DE LA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

1	INTRODUCCIÓN	6
2	RESTABLECIMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE DISTRIBUCIÓN	9
	2.1 Tratamiento químico del agua para eliminación de iones Fe^{2+} y Mn^{2+}	9
	2.2 Ensayos de laboratorio	10
3	ESTRATEGIA DE LIMPIEZA	15
	3.1 División del pueblo en sectores.	15
	3.2. Volumen estimado necesario de H_2O_2	17
	3.3. Metodología	20
4	LIMPIEZA DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN	21
	4.1 Descripción de la limpieza por tramos.	21
	4.1.1. Tramo de prueba. E.T.A.P. – Pueblo. Depósito primero.	21
	4.1.2. Limpieza de la C/ San José. Depósito segundo.	25
	4.1.3. Limpieza del sector tercero.	29
	4.1.4. Limpieza del primer y segundo sector.	32
	4.1.5. Limpieza de toda la red de abastecimiento.	34
5	PROBLEMAS OBSERVADOS TRAS LA LIMPIEZA.	35
	5.1 Ensayos de laboratorio con ácido cítrico.	37
	5.2. Presupuesto de limpieza con ácido cítrico.	40

RESULTADO ANALÍTICOS DEL AGUA POTABLE DESPUÉS DE LA LIMPIEZA DE LAS TUBERÍAS

1.	INTRODUCCIÓN	42
2.	TOMA DE MUESTRA.	43
3.	RESULTADOS ANALÍTICOS OBTENIDOS.	45
4.	OBSERVACIONES.	61
5.	CONCLUSIONES	62

OPTIMIZACIÓN DE LA ESTACIÓN DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE.

1. PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA.	64
2. MODIFICACIONES SUGERIDAS.	66
3. AJUSTE DE LA DOSIS DE REACTIVO.	70

ANEXO I. PROPUESTA INICIAL DE LIMPIEZA DE LA RED DE ABASTECIMIENTO.

ANEXO II. PLANOS.

- Plano 1. Plano de Situación.
- Plano 1 bis. Plano de Ubicación.
- Plano 2. Red de Abastecimiento.
- Plano 3. Áreas de Limpieza.
- Plano 4. Limpieza del tramo de prueba.
- Plano 5. Limpieza de la calle San José.
- Plano 6. Limpieza del sector 3°.
- Plano 7. Limpieza de los sectores 1° y 2°.
- Plano 8. Limpieza de recuerdo.

**LIMPIEZA DE LA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE**

1. INTRODUCCIÓN.

El abastecimiento de agua en el municipio de Valencia del Ventoso se realiza a partir del Embalse de Ardilla y de pozos situados en el termino municipal (mapa 1 y 1 bis).

El agua presenta unos valores muy altos de hierro y manganeso. La presencia de estos metales en el agua es indeseable, debido fundamentalmente a que la precipitación de estos metales modifica el aspecto del agua, a la que le comunica un color turbio y un sabor metálico. La deposición de estos metales provoca la formación de manchas en las instalaciones de fontanería y en la ropa lavada, con el consiguiente rechazo de los consumidores.

Además, la existencia de hierro y manganeso puede dar lugar a problemas en el sistema de distribución de agua, debido al desarrollo de microorganismos como los géneros *Clonothrix* y *Crenothrix*. La acumulación de éstos puede provocar atascamientos en las tuberías de distribución, además de mal olor y sabor. Frecuentemente, las deposiciones de los precipitados de hierro y manganeso pasan de nuevo al estado de suspensión al aumentar los caudales, con la consiguiente formación de turbiedades muy acusadas.

Ante este problema, el Ayuntamiento de Valencia del Ventoso se puso en contacto con el Grupo de Tratamiento de Aguas Residuales (TAR) de la Universidad de Sevilla, para encontrar una solución.

Se procedió a realizar distintas catas en la red, encontrándose con la existencia de una capa de depósito en las paredes internas de las tuberías. Se procedió a realizar la analítica necesaria, para caracterizar estas deposiciones. Los resultados analíticos obtenidos se indican en las siguientes tablas.

Limpieza química de tuberías de abastecimiento. Eliminación de Hierro y Manganeso.

PUNTO DE MUESTREO	CONCENTRACIÓN (µg/l)	
	HIERRO	MANGANESO
Pantano (1 m de prof.)	290	290
Pantano (3 m de prof.)	850	300
Pantano (5 m de prof.)	2980	1290
Entrada ETAP	120	210
Salida ETAP	ND	130
Entrada pueblo	ND	60
Salida pueblo	ND	60

Tabla 1. Analítica efectuada el día 15/07/99

PUNTO DE MUESTREO	CONCENTRACIÓN (µg/l)	
	HIERRO	MANGANESO
Entrada depuradora	10.400	19.100
Salida del pueblo	610	120

Tabla 2. Analítica efectuada el día 23/07/99

Como se puede observar, el principal problema de esta agua es el alto contenido de hierro y manganeso que tienen las aguas en su procedencia. Es necesario buscar un tratamiento para eliminar estos metales.

Actualmente, al existir planta de tratamiento de aguas potables, la eliminación de estos metales se produce en dicha planta, como se puede observar en la Tabla 1, donde los rendimientos en eliminación de estos metales son bastante altos. Pero la existencia de depósitos de estos metales en las tuberías, acumulados durante los años en los que no ha existido tratamiento para estas aguas, produce un aumento considerable en la concentración de estos metales en el agua, dando a esta una turbidez considerable y mal sabor con la consiguientes quejas de los vecinos.

En la analítica realizada el día 23/07/99, se tomo el agua después del arranque de la ETAP producido tras un paro, observándose que la concentración de estos metales es considerable, como consecuencia del desprendimiento de los depósitos de hierro y

Limpieza química de tuberías de abastecimiento. Eliminación de Hierro y Manganeseo.

manganeseo de las tuberías.

La composición fundamental de estos residuos estaba formada por óxidos de hierro y manganeseo, por lo que se haría necesaria su eliminación para restablecer la calidad del agua.

2. RESTABLECIMIENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE DISTRIBUCIÓN.

Con en el fin de restablecer la calidad del agua de distribución en el municipio de Valencia del Ventoso, se realizaron dos tipos de ensayos de laboratorio:

- Tratamiento químico del agua para la eliminación de iones Fe^{2+} y Mn^{2+} , que son formas de ambos metales en disolución acuosa.
- Desincrustación y arrastre de las deposiciones en las tuberías

2.1. TRATAMIENTO QUÍMICO DEL AGUA PARA LA ELIMINACIÓN DE IONES Fe^{2+} Y Mn^{2+}

En ensayos realizados con anterioridad en el laboratorio del Grupo TAR, para un problema de similares características en el municipio de Cantillana (Sevilla) (Tecnología del Agua, **Eliminación de los sólidos incrustados en las conducciones de agua potable en Cantillana (Sevilla)**, pag 35, nº 178, Julio 1998), se obtuvieron los resultados que se indican a continuación.

El tratamiento químico consistió en una serie de ensayos de “Jar-test” con tres tipos de oxidantes, de forma individual y combinados. Los resultados obtenidos se detallan en la siguiente tabla

REACTIVOS	RESULTADOS
Permanganato	Agua ligeramente coloreada
Peróxido de hidrógeno	Agua ligeramente turbia
Hipoclorito	Agua ligeramente turbia
Premanganato + peróxido	Agua clara
Permanganato + hipoclorito	Agua coloreada
Hipoclorito + peróxido	Agua ligeramente turbia

Tabla 3. Estos resultados están publicados en la revista: Tecnología del Agua, **eliminación de los sólidos incrustados en las conducciones de agua potable en Cantillana (sevilla)**, pag 35, nº 178, Julio 1998

A la vista de dichos resultados se llegó a la conclusión de que la mezcla de $KMnO_4 + H_2O_2$ podría ser la más idónea para el fin perseguido. Esta mezcla se utilizó posteriormente para el ensayo de eliminación de las deposiciones. Para ello, se realizó un montaje con un tubo de vidrio untado con fango problema y conectado a la red de suministro. Se observó que al hacer circular el agua, ésta tomaba una cierta turbidez,

Limpieza química de tuberías de abastecimiento. Eliminación de Hierro y Manganeso.

mientras parte del fango permanecía pegado a las paredes.

Tras la adición de los oxidantes, el efecto de la reacción dio lugar a un gran aumento de presión, por lo que para evitar este problema, además de las posibles consecuencias del MnO_2 resultante de la adición del potásico, se optó por utilizar solo agua oxigenada (peróxido de hidrógeno). Al repetir los ensayos solo con peróxido de hidrógeno, la reacción producida dio lugar a la oxidación de los depósitos de Mn y Fe que, al pasar de unas características flocculantes a unas arenosas, pudieron ser arrastrados por la presión hidráulica del agua en la conducción.

2.2. ENSAYOS DE LABORATORIO.

Basándonos en los resultados de los ensayos realizados en Cantillana, y siendo el problema detectado en Valencia del Ventoso de similares características, se procedió a realizar los correspondientes ensayos de laboratorio para determinar las dosis de peróxido de hidrógeno y calcular el número de limpiezas requerido para dejar las tuberías en condiciones óptimas de uso.

Se llevó a cabo el montaje de un ensayo a escala piloto en las instalaciones del Grupo TAR. Para ello, se tomó un tubo de vidrio untado con fango procedente de las tuberías de abastecimiento de Valencia del Ventoso y se conectó a una toma de agua.

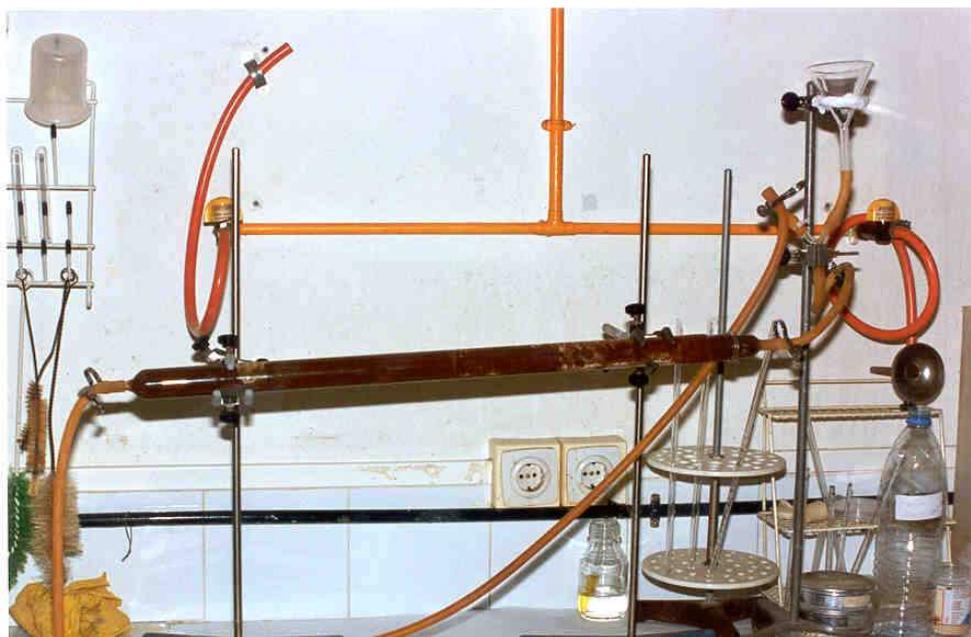


Foto 1. tubería de vidrio untada con el fango problema. (un extremo del tubo se conectó a una toma de

Limpieza química de tuberías de abastecimiento. Eliminación de Hierro y Manganeso.

agua y se le montó un dosificador para adicionar la mezcla con agua oxigenada, mientras por el otro extremo se dispuso la salida).

Después del ensayo con varias dosis de agua oxigenada y otro tantos tiempos de retención, se llegó a las conclusiones siguientes:

- La dosis óptima de H_2O_2 era de 1:50 (v/v).
- El tiempo de retención óptimo previsto era de 1 hora y 30 minutos; a tiempos de retenciones mayores disminuiría la eficacia del agua oxigenada. Tras dicho período de retención se observó un desprendimiento de los fangos adheridos a las paredes.
- Fueron necesarias tres limpiezas con agua oxigenada. En las dos primeras se obtuvo como resultado un agua con gran cantidad de sólidos en suspensión; en la tercera limpieza, el agua salió prácticamente limpia.
- Para restablecer las condiciones iniciales del agua, se llevaron a cabo posteriores enjuagues con agua limpia, observándose que era necesario llenar la tubería tres veces con agua limpia.

A continuación se presenta una secuencia de fotos en la que se ilustran el desarrollo de los ensayos y resultados obtenidos:



Foto2. Primera limpieza con H_2O_2 (se observa burbujeo y desprendimiento de fangos).

Limpieza química de tuberías de abastecimiento. Eliminación de Hierro y Manganeso.



Foto3. Segunda limpieza con H_2O_2 (se observa el burbujeo al reaccionar el agua oxigenada (H_2O_2), con la capa de sólidos lo que ocasiona un gran desprendimiento de sólidos en suspensión).



Foto4. Tercera limpieza con agua oxigenada. (Se ha producido prácticamente el desprendimiento de toda la capa de fangos.

Limpieza química de tuberías de abastecimiento. Eliminación de Hierro y Manganeso.

En la siguiente foto se observan muestras de los residuos obtenidos en las sucesivas limpiezas.



Foto5. Muestras del agua obtenida en cada una de las limpiezas. (Se observa como en la primera limpieza la cantidad de sólidos obtenidos es muy abundante, en cambio, en la última limpieza el agua sale prácticamente limpia).

Limpieza química de tuberías de abastecimiento. Eliminación de Hierro y Manganeso.

Se realizó el mismo montaje, con el objeto de medir el aumento de presión en una columna de agua.

Se observó que el incremento de presión era muy pequeño, por lo que se optó por la utilización del agua oxigenada.

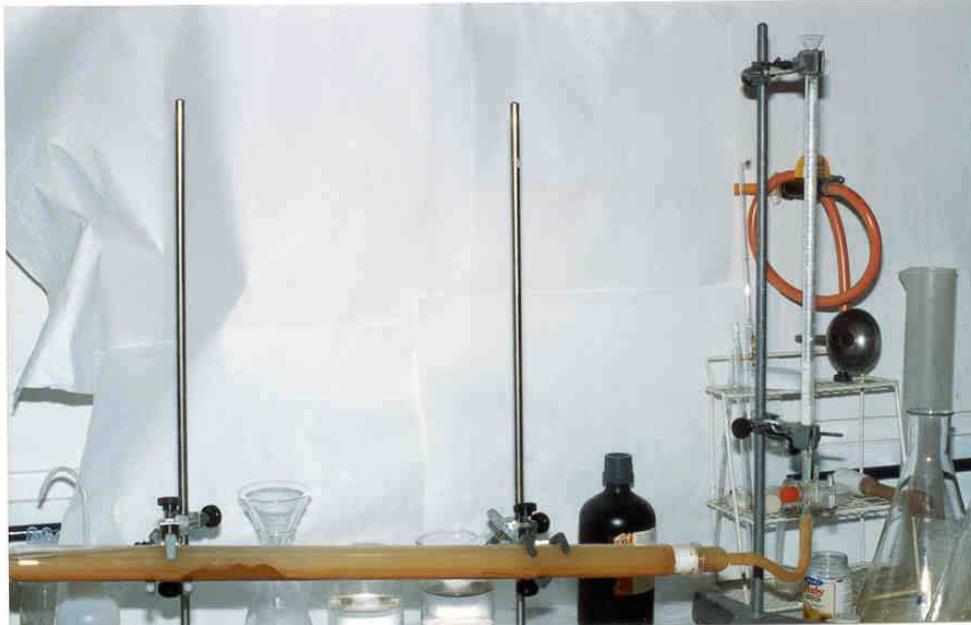


Foto 6. Ensayo de presión

3. ESTRATEGIA DE LIMPIEZA.

3.1. DIVISIÓN DEL PUEBLO EN SECTORES.

Para la limpieza a escala real, de la red de abastecimiento de agua potable de Valencia del Ventoso, se optó por dividir el pueblo en varios sectores con objeto de llevar a cabo un mejor control de las tareas de limpieza (plano 2 y 3).

- **TRAMO DE PRUEBA.** Dicho tramo, elegido por un muestreo inicial de las condiciones reales de limpieza se correspondía con la tubería que va desde la Estación de Tratamiento de Aguas Potables hasta la primera bifurcación en la entrada del pueblo, incluyéndose los dos depósitos de abastecimientos situados en la depuradora. Dicha conducción se encuentra paralela a la carretera a Valverde.

- **LIMPIEZA C/ SAN JOSÉ.** Debido a que se encontraba a una cota superior que los depósitos, la limpieza se realizó con la ayuda de un camión cisterna, desde el que se inyectó la mezcla con agua oxigenada a la tubería.

- **SECTOR 1.** Que comprende las calles: Avenida de la Constitución, Extramuro, Olivo, Encomienda, Moraleja, Estación, Travesía Estación, Nueva, San Lázaro, Milanero, Méndez Núñez, Sevilla (desde la esquina de Avda. Constitución hasta Méndez Núñez), Ronda de Fregenal, Piedad, Nuestra Señora del Valle (desde la esquina con Milanero hasta la esquina con Piedad), San Juan (desde Piedad hasta la plaza de la iglesia), Huelva, Travesía de Fregenal, Monjas, Santa Beatriz de Silva, Hornos, Bodonal, Travesía de Caridad, Albuera, Caridad y el tramo entre las calles Santa Beatriz de Silva y San Blas.

- **SECTOR 2.** Que comprende las calles: Sevilla (la parte restante), San José (la parte restante), Zurbarán, Arias Montano, Calzada, San Isidro, Nuestra Señora del Valle (la parte restante), San Juan (la parte restante), Beltrán de Guevara, Plaza España, Avenida de Portugal, Espronceda, Isabel la Católica, Luís Chamizo, Plaza Jovellanos, San Blas, Calle Estudiantes, Hermanos Machado, Cervantes, Estrella y además los tramos que entre ellas se encuentren.

- **SECTOR 3.** Que comprende las calles: Hernán Cortés, Mayor, Pizarro, Morería, Medina, Carretera a Medina, Ezequiel Fernández, Valverde, Emilio Castelar, Colón,

Limpieza química de tuberías de abastecimiento. Eliminación de Hierro y Manganeseo.

Calle Silos, Badajoz, Extremadura.

Se eligieron estos tres sectores, para facilitar las labores de limpieza y no utilizar volúmenes de peróxido de hidrógeno demasiados grandes que produjeran acumulo de presión excesivos en las tuberías.

Limpieza química de tuberías de abastecimiento. Eliminación de Hierro y Manganeso.

3.2. VOLÚMENES ESTIMADOS NECESARIOS DE H₂O₂.

En la tabla siguiente se indican los volúmenes necesarios de agua oxigenada para cada uno de los tramos.

CALLE	DIÁMETRO PASO (mm)	LONGITUD (m)	VOLUMEN (m ³)
TRAMO DE PRUEBA			
Tubería General ETAP-Pueblo	250	500	24.5
TOTAL		800	24.5
C/ SAN JOSÉ			
San José	125	239	2.93
TOTAL		239	2.93
FASE 2			
SECTOR 1			
Albuera	60	124	0.35
Avda. Constitución	80	489	2.46
Avda. Constitución	70	246	0.95
Bodonal	60	93	0.26
Caridad	60	27	0.08
Encomienda	60	107	0.30
Estación	60	120	0.34
Extramuro	60	93	0.26
Hornos	60	210	0.59
Huelva	60	100	0.28
Méndez Núñez	60	186	0.53
Milanero	60	136	0.38
Moraleja	80	214	1.08
Ntra. Sra. De Valle	70	87	0.33
Nueva	60	97	0.27
Olivo	60	286	0.81
Piedad	70	129	0.50
Plaza Iglesia	60	53	0.15
Ronda Fregenal	60	600	1.70
San Juan	70	31	0.12
San Lázaro	60	236	0.67
Sevilla	100	110	0.86

Limpieza química de tuberías de abastecimiento. Eliminación de Hierro y Manganeso.

CALLE	DIÁMETRO PASO (mm)	LONGITUD (m)	VOLUMEN (m³)
Sta. Beatriz de Silva	60	153	0.43
Tramo A. Constitución-Moraleja	80	43	0.22
Tramo Sta. B. De Silva-San Blas	70	20	0.08
Travesía de Caridad	60	103	0.29
Travesía Estación	80	150	0.75
TOTAL		4243	15.01
SECTOR 2			
Arias Montano	60	167	0.47
Avda. Portugal-Sevilla	80	46	0.23
Avenida de Portugal	80	189	0.95
Avenida de Portugal	60	236	0.67
Beltrán de Guevara	60	70	0.20
Calzada y San Isidro	150	81	2.65
Calzada y San Isidro	60	140	0.40
Calzada y San Isidro	70	71	0.27
Cervantes	80	84	0.42
Espronceda	60	163	0.46
Estrella	60	70	0.20
Estudiantes	60	106	0.30
Hermanos Machado	60	230	0.65
Isabel la Católica	60	93	0.26
Luís Chamizo	60	73	0.21
Ntra. Sra. del Valle	70	116	0.45
Plaza de España	60	79	0.22
Plaza de España	70	89	0.34
Plaza Iglesia	60	57	0.16
Plaza Jovellanos	60	41	0.12
Plaza Jovellanos	80	224	0.12
San Blas	70	109	0.42
San José	125	68	0.84
San Juan	70	82	0.31
Sevilla	100	190	1.50
Tramo San Blas-Estudiantes	60	54	0.15
Zurbarán	150	217	3.83
TOTAL		3145	16.80

Limpieza química de tuberías de abastecimiento. Eliminación de Hierro y Manganeso.

CALLE	DIÁMETRO PASO (mm)	LONGITUD (m)	VOLUMEN (m ³)
SECTOR 3			
Badajoz	100	177	1.39
Badajoz	60	56	0.16
Carretera Medina	60	31	0.09
Colón	60	170	0.48
Emilio Castelar	100	184	1.45
Extremadura	60	187	0.53
Ezequiel Fernández	60	249	0.70
Hernán Cortés	150	459	8.11
Hernán Cortés	60	264	0.75
Mayor	60	257	0.73
Medina	60	61	0.17
Morería	60	203	0.57
Pizarro	60	66	0.19
Silos	100	141	1.11
Silos	150	59	1.04
Valverde	60	74	0.21
TOTAL		2638	17.68

3.3.METODOLOGÍA.

Para realizar la limpieza de toda la red de abastecimiento, se dispuso de los dos depósitos de agua potable que hay en la ETAP que al encontrarse a una cota más alta que el resto del pueblo, permitía distribuir el agua por gravedad si la necesidad de disponer de ningún elemento de bombeo.

Para realizar la mezcla de agua, se procedió de la siguiente forma:

- Se calculó el volumen necesario de agua y agua oxigenada.
- Se llenó el depósito con la mitad del volumen de agua necesario.
- Se vertió el volumen de agua oxigenada estimado y se terminó de llevar con agua hasta alcanzar el volumen de mezcla necesario para realizar la limpieza del tramo correspondiente.

Posteriormente, se procedió al llenado de la zona a limpiar, mediante la apertura y cierre de las válvulas correspondientes, aplicando el tiempo de retención que se estimó oportuno en cada uno de los casos.

Finalmente, se llevó a cabo el vaciado, abriendo los correspondientes desagües, para así mezclar el agua con reactivo, con agua de saneamiento, a efectos de provocar su dilución y minimizar el posible impacto derivado de la presencia del agua oxigenada.

El trabajo se desarrolló de manera alterna, es decir, un día de trabajo y un día de descanso, de forma que el pueblo no quedase dos días consecutivos sin abastecimiento de agua.

Para la limpieza, se utilizó peróxido de hidrógeno, presentado comercialmente en disolución al 30% p/v, en envases de 50kg, siendo su densidad de 1.11g/cm^3 . Por tanto cada depósito tenía una capacidad real de 45 litros. Suministrada por la empresa ACIDKA.

Limpieza química de tuberías de abastecimiento. Eliminación de Hierro y Manganeseo.

4. LIMPIEZA DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN.

Una vez realizados los ensayos de laboratorio y elaborado el plan de actuaciones, se procedió a la limpieza real de la red de distribución de agua potable, durante los días 25, 27 y 29 de Octubre, y 2 y 4 de Noviembre.

La limpieza se llevó a cabo en la forma que se describe en la tabla que se presenta a continuación:

DÍA	TRAMO/CALLE/SECTOR	Nº DE LIMPIEZAS	VOLUMEN H₂O₂ (M³)
25/10/99	Tramo prueba	2	1.6
27/10/99	C/ San José	2	0.4
29/10/99	Tramo 3 y C/ San José	3 y 1	2.9
02/11/99	Tramo 1 y 2	2	3.3
04/11/99	Toda la red de distribución	1	2.6

4.1. DESCRIPCIÓN DE LA LIMPIEZA POR TRAMOS.

4.1.1. TRAMO DE PRUEBA ETAP-PUEBLO. DEPÓSITO PRIMERO.

Para ajustar las concentraciones y tiempos de retención obtenidos a escala de laboratorio a la tubería real, se tomó como tramo de prueba aquel que va desde la ETAP a la entrada del pueblo (plano 4).

Se trata de una tubería de $\phi 250\text{mm}$, con una longitud de 500m y un volumen de tubería de 24.5m^3 . La mezcla de H₂O₂ y H₂O se realizó en uno de los depósitos de la ETAP, desde los que se distribuyó por gravedad a la tubería.

Se efectuaron dos limpiezas de la siguiente forma:

1ª Limpieza

- Dilución: 1:50
- Volumen de mezcla: $24,5\text{ m}^3$
- Volumen de H₂O₂: 0.8 m^3
- Tiempo de retención: 90 minutos.

Limpieza química de tuberías de abastecimiento. Eliminación de Hierro y Manganeseo.

En esta primera limpieza se observó que no se producía el arrastre que hubiéramos deseado, resultando un agua con una ligera tonalidad marrón. El tiempo de retención fue de una hora y media, periodo que después consideramos que era insuficiente, decidiendo aumentarlo a dos horas para la limpieza del resto de partes de la red. Además, tras esta primera limpieza se llegó a la conclusión de que una concentración 1:50 era insuficiente para arrancar las incrustaciones de la tubería, por lo que también se decidió aumentar la concentración a 1:25 en cada primera limpieza de los diferentes sectores, pasando luego a 1:50 en la segunda y sucesivas limpiezas.

2ª Limpieza

- Dilución: 1:50
- Volumen de mezcla: 24,5 m³
- Volumen de H₂O₂: 0.8 m³
- Tiempo de retención: 120 minutos.

La segunda limpieza, contó ya con el nuevo tiempo de retención, después del cual se observó que el agua salía más turbia, arrastrando una cantidad considerable de sólidos metálicos incrustados.

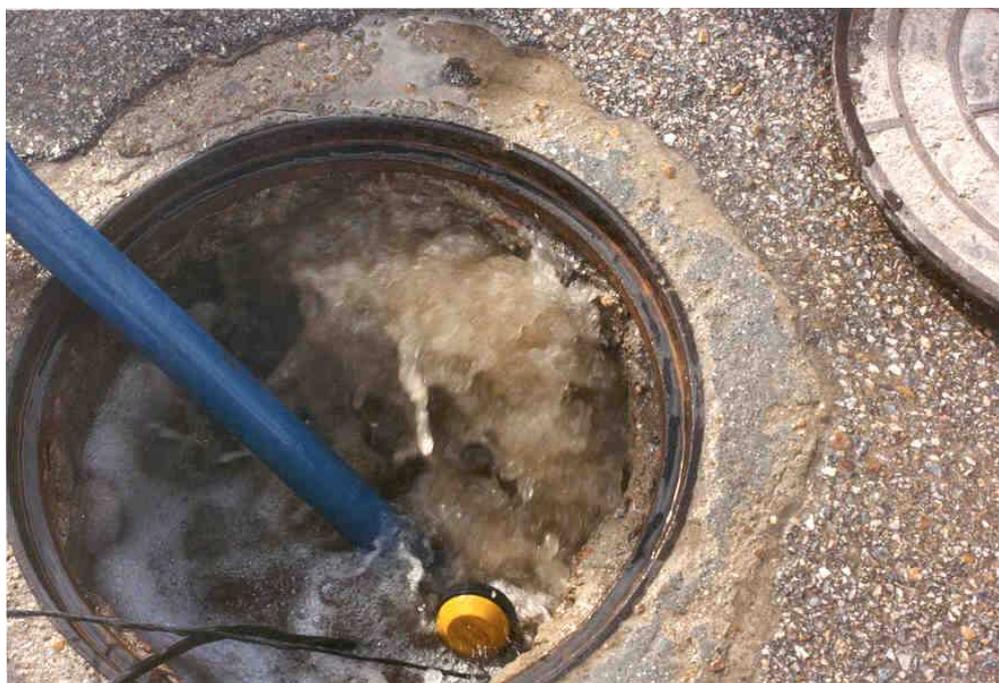


Foto 7. Salida del agua después de la primera limpieza. Se observa una coloración oscura debida un arrastre importante de sólidos en suspensión.

Limpieza química de tuberías de abastecimiento. Eliminación de Hierro y Manganeso.

Uno de los parámetros cuya observación resultó necesaria en cada limpieza era el aumento de presión que se producía en la tubería como consecuencia del gas acumulado tras la adición del reactivo. Para ello, se instalaron manómetros en puntos estratégicos de la conducción.

El aumento de la presión observado no fue significativo, concluyéndose que no existía ningún peligro para las tuberías por efecto de los gases desprendidos durante la reacción. Se comprobó que dejar abierto un grifo situado en la parte superior del sector o tramo en fase de limpieza era una medida más que suficiente para que los gases producidos salieran al exterior. Por ello se decidió dejar durante las limpiezas, uno o más grifos abiertos en puntos que por su situación nos asegurasen que los gases escaparan al exterior.

LIMPIEZA DEL PRIMER DEPÓSITO.

Se realizó mediante un barrido manual del fondo con objeto de eliminar los sedimentos que en él pudieran quedar, y una posterior limpieza con la mezcla de H_2O_2 y H_2O . Como se observa en las fotografías, la mejoría de los depósitos fue notable.



Foto 8. Estado inicial del depósito. Antes de la adición de H_2O_2

Limpieza química de tuberías de abastecimiento. Eliminación de Hierro y Manganeso.



Foto 9. Estado del depósito una vez adicionado el H_2O_2 .



Foto 10. Estado final del depósito, una vez realizada la limpieza.

Limpieza química de tuberías de abastecimiento. Eliminación de Hierro y Manganeso.

4.1.2. LIMPIEZA DE LA CALLE SAN JOSÉ. DEPÓSITO SEGUNDO.

La Calle San José (plano 5) tiene una tubería de $\phi 125$ mm, con un volumen aproximado de 3m^3 . La mezcla fue realizada en un depósito móvil de 3500 l, necesiándose para ello 140 l de H_2O_2 y 3360 l de H_2O para realizar la primera limpieza, con una concentración de 1:25. Para las siguientes limpiezas, la concentración fue de 1:50 y se precisaron 70 l de H_2O_2 y 3430 l de H_2O .

La carga se hizo por gravedad desde el punto más alto de la calle, llenándose primero un brazo de la misma y luego el otro por rebose, y desaguando cada una de las partes por separado.



Foto 11. Cisterna desde la que se realizó la mezcla y llenado de la C/ San José.

De la primera limpieza resultó un agua muy oscura, con alto contenido en sólidos metálicos, aclarándose en posteriores limpiezas, tal y como muestra la siguiente secuencia de fotos.



Foto 12. Salida del agua tras la primera limpieza. Desagüe C/ Calzada



Foto 13. Salida del agua tras la segunda limpieza. Desagüe C/ Calzada

Limpieza química de tuberías de abastecimiento. Eliminación de Hierro y Manganeso.



Foto 14. Salida del agua tras la tercera limpieza. Desagüe C/ Calzada

Para el mejor llenado y drenaje, y como ventosa de gases, se aprovechó una válvula instalada en el punto más alto de la tubería.



Foto 15. Ventosa para el desalojo del aire.

Limpieza química de tuberías de abastecimiento. Eliminación de Hierro y Manganeso.

Por último, mediante el cierre de varias válvulas se creó un camino preferencial para el agua proveniente de los depósitos, que se hizo pasar a presión por la Calle San José. Esto permitió arrastrar una gran cantidad de sólidos que se encontraban depositados en las conducciones y que por gravedad no habían sido eliminados de las mismas.



Foto 16. Salida del agua tras el paso del agua a presión.

LIMPIEZA DEL SEGUNDO DEPÓSITO.

Se procedió de igual forma que para el primer depósito.

4.1.3. LIMPIEZA DEL SECTOR TERCERO

En este tercer sector, por motivos de cierre de válvulas hubo que incluir las calles Calzada (antes José Antonio), Hermanos Machado (antes 18 de Julio) y un tramo de Sevilla (antes General Varela) y la mayoría de la Avenida de Portugal, teniendo que excluirse la calle Mayor (antes General Franco) al haberse cambiado sus tuberías por otras nuevas recientemente (plano 6).

Además de esto, hubo que modificar los cálculos iniciales (ver anexo I), al ver que existían conducciones que no aparecían en el plano, como era el caso de la calle Pan Bendito. También se observó al estudiar el desnivel del terreno, que si se pretendía que el agua llegase a la calle Pan Bendito, sería necesario llenar la tubería general de $\varnothing 250$ mm hasta una cota aproximada a su mitad. Con todo esto, se estimó que el volumen total de las conducciones a llenar sería de 35.3 m^3 .

La limpieza se realizó con una mezcla a la concentración inicial 1:25, para la que se necesitaron 1412 l de H_2O_2 y 33888 l de H_2O , terminándose con una concentración de 1:50, y un volumen de 706 l de H_2O_2 y 34594 l de H_2O para cada uno de los dos lavados con esta concentración.

El resultado obtenido fue un agua muy turbia, tal y como se aprecia en las fotografías adjuntas, disminuyendo su coloración a medida que se sucedían las limpiezas hasta llegar a un agua con una tenue coloración.

Limpieza química de tuberías de abastecimiento. Eliminación de Hierro y Manganeso.

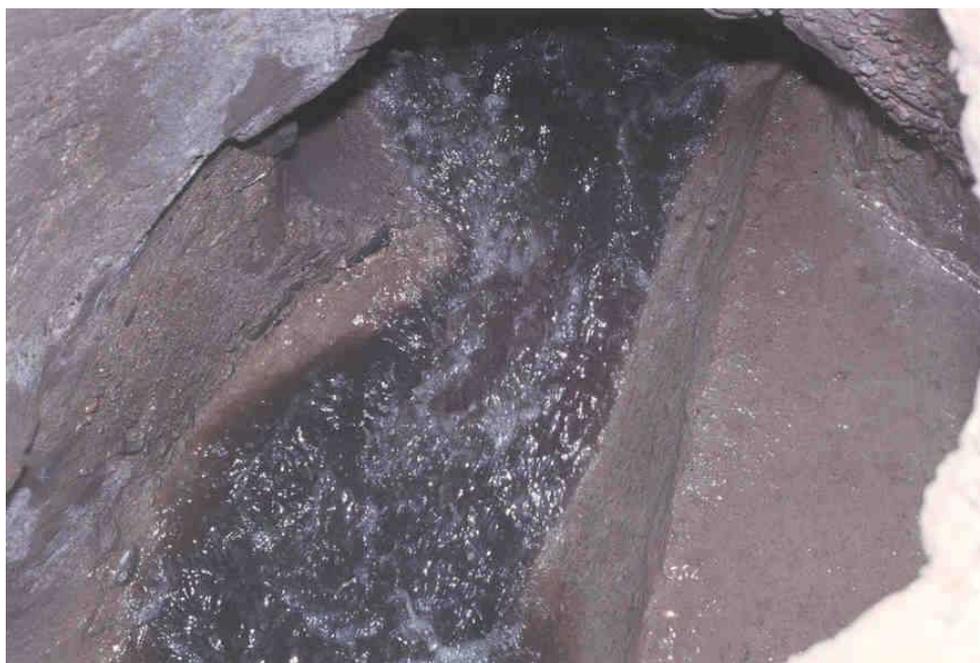


Foto 17. Salida del agua tras la primera limpieza. Se observa un agua con un gran cantidad de sólidos en suspensión.

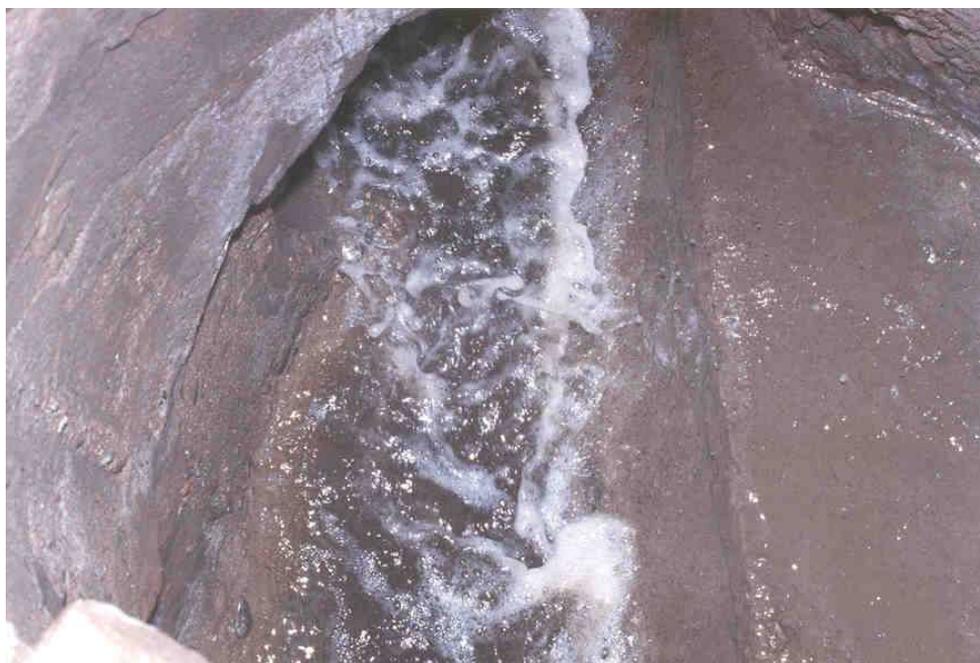


Foto 18. Salida del agua tras la segunda limpieza.

Limpieza química de tuberías de abastecimiento. Eliminación de Hierro y Manganeso.



Foto 19. Salida del agua tras la tercera limpieza.

Finalmente se llevó a cabo un enjuague de todo el sector en general lo cual, como era previsible, provocó el arrastre de una gran cantidad de sólidos. En las siguientes fotografías se puede apreciar el color que tomó el agua a su paso por las tuberías, así como una muestra de los sólidos arrastrados.



Foto 20. Salida del agua tras el enjuague del sector. Observa como tiene una gran cantidad de sólidos que se han arrastrado.

4.1.4. LIMPIEZA DEL PRIMER Y SEGUNDO SECTOR

En vista del escaso aumento de presión sobre las tuberías del pueblo, se decidió realizar la limpieza de los sectores 1 y 2 al mismo tiempo (plano 7), para lo que se preparó una mezcla de H_2O_2 y H_2O con un volumen total de 42.5 m^3 . En la primera limpieza, con una concentración 1:25, se utilizaron 1700 l de H_2O_2 y 40800 l de H_2O , y en la siguiente limpieza, con una concentración de 1:50, se utilizaron un total de 850 l de H_2O_2 y 41650 l de H_2O .

Para esta limpieza, por problemas de cierres de válvulas fue necesario incluir las calles Hernán Cortés (un tramo) y Ezequiel Fernández (un tramo). De igual manera, se eliminaron del volumen total las tuberías de las calles Nuestra Sra. del Valle, Calzada (antes José Antonio) y Avenida de Portugal (de todas ellas sólo se eliminó un tramo), además de la C/ Beltrán de Guevara, todas ellas por haberse sustituido las tuberías por otras nuevas.

Se desaguaron primero las tuberías de la Avenida de la Constitución, ya que al ser el punto más llano de todo el recorrido y el último al que llega el agua, si no se hacía así se corría el riesgo de que el agua no llegara con la suficiente presión como para arrastrar los metales incrustados. De forma que se creó un camino preferente para el agua a través de la arteria principal de la calle Hernán Cortes hasta la Avenida de la Constitución. El resultado de esto fue un agua realmente negra, como se puede apreciar en la fotografía, perdiendo color con el enjuague y posteriores limpiezas.

No se realizó una tercera limpieza de estos sectores porque se pensó que con el agua oxigenada que quedaba se podía hacer una limpieza general de todo el pueblo, ya que para la limpieza de los sectores 1 y 2 se llenaron casi todas las tuberías del pueblo, quedando muy pocas conducciones por incluirse, cuyo volumen resultaba insignificante con el resto.

Limpieza química de tuberías de abastecimiento. Eliminación de Hierro y Manganeso.



Foto 21. Salida del agua tras la primera limpieza. Se observa un agua bastante negruzca y con una gran cantidad de sólidos en suspensión.

Limpieza química de tuberías de abastecimiento. Eliminación de Hierro y Manganeseo.

4.1.5. LIMPIEZA DE TODA LA RED DE ABASTECIMIENTO.

Para esta limpieza se dispuso de toda el agua oxigenada que quedaba, 2565 l que fueron invertidos en llenar un volumen total de 78.28 m³, resultando una concentración de 1:31 (plano 8).

Con esta mezcla se llenó el pueblo, manteniéndose el agua reaccionando en las tuberías un total de tres horas. Finalmente, el desagüe se realizó con la presión que daban los depósitos y abriendo uno por uno todos los desagües del pueblo.

El resultado fue un agua ligeramente turbia.



Foto 22. Muestra del agua obtenida tras realizar la limpieza conjunta de toda la red de abastecimiento.

5. PROBLEMAS OBSERVADOS TRAS LA LIMPIEZA.

A pesar de haberse realizado una limpieza exhaustiva con agua oxigenada, se detectó un problema inesperado poco antes de concluir el trabajo. Debido a una avería en la arteria principal de la calle Ezequiel Fernández, se extrajo una cata de tubería de aproximadamente metro y medio de longitud, observándose que esta presentaba una capa de una sustancia grasienta pegada a sus paredes, como se puede observar en la siguiente foto.



Foto 23. Muestra de un trozo de tubería en el que se observa la capa grasienta.

Este depósito de grasa era atacada por el agua oxigenada, liberándose muy lentamente los iones metálicos que en ella se encontraban adheridos. De ello se deducía que por más que se limpiase la tubería con agua oxigenada, nunca eliminaría la grasa en sí.

Con el objeto de encontrar una solución alternativa, se llevaron a cabo los siguientes ensayos de laboratorio, en los que se aplicaron diferentes reactivos a las tuberías y a distintas concentraciones.

Limpieza química de tuberías de abastecimiento. Eliminación de Hierro y Manganeseo.

REACTIVO	RESULTADO	EFECTO SECUNDARIO
Detergente sin fosfatos al 2%	Eliminación de poca importancia	Ninguno
Detergente sin fosfatos al 5%	Eliminación considerable aunque apreciable.	Ninguno
Agerul comercial 10%	Perdida casi total de la capa de grasa	Aunque persiste la grasa, se observa la aparición de una nueva capa de metales en la tubería.
Ácido cítrico al 5%	Eliminación total de la capa de grasa y los sólidos de la tubería.	Parece que el exceso de horas de la tubería sumergida en la solución ácida ha debilitado la tubería.
Ácido cítrico al 2%	Eliminación parcial de la capa de grasa y la incrustación del fondo.	Ninguno.
Vinagre de limón comercial	Eliminación parcial de la capa de grasa y la incrustación del fondo.	Aparece una capa blanca precipitada en la tubería. Posiblemente puede ser la cal del agua precipitada.

Con los resultados obtenidos, se llegó a la conclusión de que la aplicación de una disolución de ácido cítrico a las tuberías, es la solución que da los mejores resultados.



Foto 24. Ensayos de limpieza de grasas con distintos productos.



Foto 25. Ensayo con ácido cítrico. Se observa que se elimina por completo la capa de grasa de las tuberías.

5.1. ENSAYOS DE LABORATORIO CON ÁCIDO CÍTRICO.

Con objeto de encontrar una concentración de ácido cítrico óptima para la limpieza, se llevaron a cabo varios ensayos de afino de la siguiente forma:

En vista que una disolución de ácido cítrico al 2% (p/v) era poco eficaz y un 5% (p/v) era perjudicial para la tubería si se aplicaba en un tiempo de retención excesivo, se decidió estudiar tres catas diferentes en tres disoluciones de ácidos al 3, 4 y 5% (p/v), observándose su evolución con relación al tiempo para determinar la concentración más apropiada y el tiempo de retención más adecuado para una limpieza aceptable pero poco agresiva con el medio.

De acuerdo con los resultados anteriores, no era esperable una buena eficacia de limpieza antes de las seis primeras horas de reacción, por lo que se estableció como tope de limpieza un tiempo de 12 horas. Este tiempo se correspondía con el periodo del que se disponía en el pueblo para realizar la limpieza, ya que el agua del municipio se cortaba a las 8:00 A.M. y se restituía el servicio a las 22:00 P.M.. Por lo tanto, con doce horas de reacción, aun quedaban dos horas para labores de carga, descarga y limpieza de

Limpieza química de tuberías de abastecimiento. Eliminación de Hierro y Manganeso.

tuberías. Aun así, se intentó no tener que ajustar la limpieza a las doce horas y buscar una disolución que diera un margen de tiempo más amplio.

En el caso del ácido cítrico al 3%, se observó una reacción lenta y sin efectividad que excedía del tiempo prefijado.

Para las otras dos concentraciones, las dos primeras horas no mostraron un buen rendimiento ya que apenas se produjo reacción. El efecto, aunque todavía débil, sí fue visible 4 horas después, siendo ligeramente más eficaz la disolución de ácido cítrico al 5%. Después de 6 horas, la diferencia en relación con las concentraciones usadas se hizo aún mayor. En este punto el desprendimiento de sólidos era apreciable, observándose ya como se notaba la superficie original de la tubería tras el arranque de la costra negra. En este punto, se descartó la posibilidad de usar ácido cítrico al 3%.

A partir de la octava hora, se empezó a apreciar un ligero ataque del ácido cítrico al 5% sobre el material de la tubería, quedando desestimado el empleo de una concentración tan elevada. A partir de este momento, se concentró la atención sobre todo en los resultados del ensayo al 4% de concentración.

Como conclusión, se puede decir, que la concentración óptima de ácido cítrico a usar para la eliminación de los restos adheridos a las tuberías, es del 4%, debiéndose aplicar un tiempo de retención de entre ocho y diez horas.

Cabe decir que el ataque a las tuberías al que se hace alusión en este apartado es insignificante, aunque por medidas de seguridad se prefirió adoptar un valor intermedio de concentración.

Limpieza química de tuberías de abastecimiento. Eliminación de Hierro y Manganeso.



Foto 26. Estado inicial de las tuberías antes de los ensayos de eliminación de grasas (ácido cítrico 3, 4 y 5%)



Foto 27. Estado final de las tuberías después de los ensayos de los ensayos de eliminación de grasas (ácido cítrico 3, 4 y 5%)

5.2. PRESUPUESTO DE LA LIMPIEZA CON ÁCIDO CÍTRICO.

Limpieza química de tuberías de abastecimiento. Eliminación de Hierro y Manganeso.

Para la limpieza se eligió ácido cítrico monohidrato, que es la forma más común, resultando otras, excesivamente caras e inadecuadas para los fines que se persiguen.

La presentación de este producto se realiza en sacos de 25 kg, con un precio de 198 ptas./kg, (ya puesto en destino). De este precio se desprende que para la limpieza de todo el pueblo, que supone un volumen de 78.28m^3 , con una concentración de ácido cítrico al 4% (p/v). se precisarán 3.1Tm. Lo que supone un montante económico de **619.978 ptas.**

**RESULTADOS ANALÍTICOS DEL AGUA POTABLE DESPUÉS
DE LA LIMPIEZA DE LAS TUBERÍAS**

1. INTRODUCCIÓN

Después de realizar la limpieza de las tuberías de agua potable del municipio de Valencia del Ventoso, el siguiente paso a seguir era demostrar que los trabajos efectuados habían servido para que el agua del municipio recuperase la calidad que por ley le corresponde para poder destinarse al abastecimiento humano.

De esta forma y de acuerdo entre las tres partes implicadas en las labores de desincrustación de las tuberías, Ayuntamiento de Valencia del Ventoso, Joca y Grupo T.A.R., se acordó realizar una analítica del agua de la red municipal de abastecimiento, una vez restablecidas unas condiciones de uso más estables que durante el periodo que han durado los trabajos, para demostrar la eficacia de la labor de eliminación de sólidos metálicos depositados en las conducciones.

Con el fin de garantizar en gran parte que las condiciones de uso del agua habían alcanzado cotas normales, desde el día 4 de Noviembre de 1999 que terminaron los trabajos de limpieza, hasta el día 10 del mismo mes, esperando que el uso que los habitantes del pueblo habían hecho del agua sirviera para que las medidas fueran fiables al menos en un 95%, puesto que, a pesar de pasar el tiempo, no se nos garantiza por completo que el efecto de la presión del agua en las tuberías no pueda arrancar algún resto de incrustación que permanezca en ellas pero que esté debilitado por el ataque del oxidante.

2. TOMA DE MUESTRAS

La toma de muestra se ha realizado de la forma que se especifica a continuación, para su posterior traslado al laboratorio y realización de las determinaciones analíticas correspondientes.

- Muestra de 1 l para analítica general conservada a 4° C.
- Muestra de 1 l conservada con H₂SO₄ a pH < 2 y refrigerada a 4° C. Para medir fenoles
- Muestra de 200 ml, conservada con HNO₃ para medir metales, refrigerada a 4° C.
- Muestra de 100 ml conservada con HCl, para medir mercurio y arsénico, refrigerada a 4° C.
- Muestra de 2.5 l conservada con H₂SO₄ a pH < 2 para medir grasas presentes en el agua, refrigerada a 4° C.
- Muestra de 300 ml de agua en frasco estéril, para la determinación de parámetros microbiológicos, refrigerada a 4°C.

Para efectuar la toma de muestra, se planteó una estrategia de dispersión de puntos tal que sólo con 6 puntos de toma de muestras, el área del pueblo cubierta fuese lo suficientemente representativa, como para que los datos obtenidos en estos análisis sean considerados como fiables.

No obstante, es impredecible que en otros puntos a nivel particular los resultados aquí expuestos puedan variar, pues están sujetos a las condiciones en que se encuentren las tuberías de los usuarios, así como de la conservación que estos hagan de ellas.

Los puntos elegidos para el muestreo fueron:

Salida de los pozos de suministro a la ETAP.

Salida de la ETAP en dirección al pueblo.

Punto 1. C/ Emilio Castelar nº 33

Punto 2. Avda. Portugal nº 6

Punto 3. C/ Calzada nº 6. Mercado de abastos.

Punto 4. C/ Sta. Beatriz de Silva nº 5

Punto 5. Avda. Constitución nº 65

Punto 6. Avda Constitución (Bar Galilea).

Limpieza química de tuberías de abastecimiento. Eliminación de Hierro y Manganeso.

Se puede observar que los puntos pertenecen de dos en dos a los diferentes sectores en que se dividió el pueblo para su limpieza. Además también se puede apreciar que la dispersión de ellos por el pueblo es notable.

En las siguientes tablas se pueden observar, color verde, aquellos parámetros que están dentro de los niveles guías; de color amarillo aparecen aquellos que no superando el nivel máximo permitido, si superan el nivel guía establecido; y por último, en rojo se encuentran aquellos que superan los límites máximos de potabilidad establecidos en la legislación española **“Reglamentación Técnico Sanitaria para el Abastecimiento y Control de Calidad de las Aguas Potables de Consumo Público”** (R.D. 1138/1990 de 14 de Septiembre).

Limpieza química de tuberías de abastecimiento. Eliminación de Hierro y Manganeso.

3. RESULTADOS ANALÍTICOS OBTENIDOS.

POBLACION: VALENCIA DEL VENTOSO

FECHA: 10/11/99

PUNTO DE MUESTREO: POZO

ENSAYO	UNIDAD	CONCENTRACIÓN	NIVEL DE GUÍA	CMA
<u>Caracteres Organolépticos</u>				
Olor		Inapreciable		
Sabor		Inapreciable		
Turbidez	UNF	0	1	6
<u>Caracteres físico-químicos</u>				
Conductividad	µS/cm	717	400	2.500
pH		7.902	6.5 - 8.5	9.5
Cloruros	mg/l Cl ⁻	4.218	25	-----
Sulfatos	mg/l SO ₄ ²⁻	14.46	25	250
Dureza total	mg/l Ca	134.12	-----	>60
Dureza cálcica	mg/l Ca ²⁺	34.068	100	-----
Dureza Magnésica	mg/l Mg ²⁺	11.91	30	50
Cloro residual		*----		
Fósforo	µg / l P ₂ O ₃	0.036	400	500
Sólidos en suspensión	-----	N.D.	Ausencia	-----
Residuo Seco a 180°C	mg/l	375	-----	1.500

* No se realiza la cloración del agua procedente del pozo.

Limpieza química de tuberías de abastecimiento. Eliminación de Hierro y Manganeseo.

ENSAYO	UNIDAD	CONCENTRACIÓN	NIVEL DE GUÍA	CMA
<u>Componentes no deseados</u>				
Nitritos	mg/l NO ₂ ⁻	0.003	----	0.1
Nitratos	mg/l NO ₃ ⁻	49.380	25	50
Amonio	mg/l NH ₄ ⁺	0.11	0.05	0.5
Oxidabilidad	mg/l O ₂	----	2	5
Flúor	µg / l F 25-30°C	----		700
Hierro	µg / l Fe	<20	50	200
Manganeseo	µg / l Mn	<5	20	50
Cobre	µg / l Cu	<15	100	----
Zinc	µg / l Zn	<0.025	100	----
Arsénico	µg / l As	1	----	50
Plomo	µg / l Pb	<30	----	50
Cadmio	µg / l Cd	<5	----	5
<u>Caracteres microbiológicos</u>				
Coliformes totales	µOrg/100ml	----*		0
Coliformes fecales	µOrg/100ml	----*		0
Estreptococos F.	µOrg/100ml	----*		0

* No se ha realizado la determinación de los caracteres microbiológicos.

Limpieza química de tuberías de abastecimiento. Eliminación de Hierro y Manganeso.

POBLACION: VALENCIA DEL VENTOSO

FECHA: 10/11/99

PUNTO DE MUESTREO: SALIDA DE LA ETAP

ENSAYO	UNIDAD	CONCENTRACIÓN	NIVEL DE GUÍA	CMA
<u>Caracteres Organolépticos</u>				
Olor		Inapreciable		
Sabor		Inapreciable		
Turbidez	UNF	0.80	1	6
<u>Caracteres físico-químicos</u>				
Conductividad	µS/cm	566	400	2.500
pH		7.3	6.5 - 8.5	9.5
Cloruros	mg/l Cl ⁻	0.602	25	-----
Sulfatos	mg/l SO ₄ ²⁻	122.5	25	250
Dureza total	mg/l Ca	62.05	-----	>60
Dureza cálcica	mg/l Ca ²⁺	17.63	100	-----
Dureza Magnésica	mg/l Mg ²⁺	4.37	30	50
Cloro residual		*----		
Fósforo	µg / l P ₂ O ₃	0.071	400	5000
Sólidos en suspensión	--mg/l---	0.5	Ausencia	-----
Residuo Seco a 180°C	mg/l	264	-----	1.500

* No se ha realizado la medida del cloro residual

Limpieza química de tuberías de abastecimiento. Eliminación de Hierro y Manganeseo.

ENSAYO	UNIDAD	CONCENTRACIÓN	NIVEL DE GUÍA	CMA
<u>Componentes no deseados</u>				
Nitritos	mg/l NO ₂ ⁻	0.004	----	0.1
Nitratos	mg/l NO ₃ ⁻	11.608	25	50
Amonio	mg/l NH ₄ ⁺	0.12	0.05	0.5
Oxidabilidad	mg/l O ₂	1.44	2	5
Flúor	µg / l F 25-30°C	0.35		700
Hierro	µg / l Fe	<20	50	200
Manganeseo	µg / l Mn	<5	20	50
Cobre	µg / l Cu	<14	100	----
Zinc	µg / l Zn	40	100	----
Arsénico	µg / l As	3	----	50
Plomo	µg / l Pb	<30	----	50
Cadmio	µg / l Cd	<5	----	5
<u>Caracteres microbiológicos</u>				
Coliformes totales	µOrg/100ml	----*	----	0
Coliformes fecales	µOrg/100ml	----*	----	0
Estreptococos F.	µOrg/100ml	----*	----	0

* No se ha realizado la determinación del microbiológico.

Limpieza química de tuberías de abastecimiento. Eliminación de Hierro y Manganeso.

POBLACION: VALENCIA DEL VENTOSO

FECHA: 10/11/99

PUNTO DE MUESTREO: PTO 1

ENSAYO	UNIDAD	CONCENTRACIÓN	NIVEL DE GUÍA	CMA
<u>Caracteres Organolépticos</u>				
Olor		Inapreciable		
Sabor		inapreciable		
Turbidez	UNF	0.48	1	6
<u>Caracteres físico-químicos</u>				
Conductividad	µS/cm	332	400	2.500
pH		7.28	6.5 - 8.5	9.5
Cloruros	mg/l Cl ⁻	3.013	25	-----
Sulfatos	mg/l SO ₄ ²⁻	123.2	25	250
Dureza total	mg/l Ca	62.05	-----	>60
Dureza cálcica	mg/l Ca ²⁺	16.03	100	-----
Dureza Magnésica	mg/l Mg ²⁺	5.34	30	50
Cloro residual	mg/l Cl	1.2		0.2
Fósforo	µg / lP ₂ O ₃	0.071	400	5.000
Sólidos en suspensión	-----	2.8	Ausencia	-----
Residuo Seco a 180°C	mg/l	416	-----	1.500

Limpieza química de tuberías de abastecimiento. Eliminación de Hierro y Manganeseo.

ENSAYO	UNIDAD	CONCENTRACIÓN	NIVEL DE GUÍA	CMA
<u>Componentes no deseados</u>				
Nitritos	mg/l NO ₂ ⁻	0.004	----	0.1
Nitratos	mg/l NO ₃ ⁻	9.547	25	50
Amonio	mg/l NH ₄ ⁺	0.07	0.05	0.5
Oxidabilidad	mg/l O ₂	1.36	2	5
Flúor	µg / l F 25-30°C	0.34		700
Hierro	µg / l Fe	<20	50	200
Manganeseo	µg / l Mn	<5	20	50
Cobre	µg / l Cu	97	100	----
Zinc	µg / l Zn	99	100	----
Arsénico	µg / l As	2	----	50
Plomo	µg / l Pb	<30	----	50
Cadmio	µg / l Cd	<5	----	5
<u>Caracteres microbiológicos</u>				
Coliformes totales	µOrg/100ml	Ausencia	----	0
Coliformes fecales	µOrg/100ml	Ausencia	----	0
Estreptococos F.	µOrg/100ml	Ausencia	----	0

Limpieza química de tuberías de abastecimiento. Eliminación de Hierro y Manganeso.

POBLACION: VALENCIA DEL VENTOSO

FECHA: 10/11/99

PUNTO DE MUESTREO: PTO 2.

ENSAYO	UNIDAD	CONCENTRACIÓN	NIVEL DE GUÍA	CMA
<u>Caracteres Organolépticos</u>				
Olor		Inapreciable		
Sabor		Inapreciable		
Turbidez	UNF	3.74	1	6
<u>Caracteres físico-químicos</u>				
Conductividad	µS/cm	556	400	2.500
pH		7.4	6.5 - 8.5	9.5
Cloruros	mg/l Cl ⁻	4.821	25	-----
Sulfatos	mg/l SO ₄ ²⁻	105.9	25	250
Dureza total	mg/l Ca	60.05	-----	>60
Dureza cálcica	mg/l Ca ²⁺	16.03	100	-----
Dureza Magnésica	mg/l Mg ²⁺	4.86	30	50
Cloro residual		↓		0.2
Fósforo	µg / lP ₂ O ₃	0.39	400	5.000
Sólidos en suspensión	mg/l	7.5	Ausencia	-----
Residuo Seco a 180°C	mg/l	419	-----	1.500

Limpieza química de tuberías de abastecimiento. Eliminación de Hierro y Manganeseo.

ENSAYO	UNIDAD	CONCENTRACIÓN	NIVEL DE GUÍA	CMA
<u>Componentes no deseados</u>				
Nitritos	mg/l NO ₂ ⁻	0.006	----	0.1
Nitratos	mg/l NO ₃ ⁻	9.547	25	50
Amonio	mg/l NH ₄ ⁺	0.11	0.05	0.5
Oxidabilidad	mg/l O ₂	1.6	2	5
Flúor	µg / l F 25-30°C	0.39		700
Hierro	µg / l Fe	<20	50	200
Manganeseo	µg / l Mn	18	20	50
Cobre	µg / l Cu	86	100	----
Zinc	µg / l Zn	19	100	----
Arsénico	µg / l As	1	----	50
Plomo	µg / l Pb	<30	----	50
Cadmio	µg / l Cd	<5	----	5
<u>Caracteres microbiológicos</u>				
Coliformes totales	µOrg/100ml	Ausencia	----	0
Coliformes fecales	µOrg/100ml	Ausencia	----	0
Estreptococos F.	µOrg/100ml	Ausencia	----	0

Limpieza química de tuberías de abastecimiento. Eliminación de Hierro y Manganeso.

POBLACION: VALENCIA DEL VENTOSO

FECHA: 10/11/99

PUNTO DE MUESTREO: PTO 3.

ENSAYO	UNIDAD	CONCENTRACIÓN	NIVEL DE GUÍA	CMA
<u>Caracteres Organolépticos</u>				
Olor		Inapreciable		
Sabor		Inapreciable		
Turbidez	UNF	0.54	1	6
<u>Caracteres físico-químicos</u>				
Conductividad	µS/cm	577	400	2.500
pH		7.36	6.5 - 8.5	9.5
Cloruros	mg/l Cl ⁻	0.602	25	-----
Sulfatos	mg/l SO ₄ ²⁻	106.4	25	250
Dureza total	mg/l Ca	62.05	-----	>60
Dureza cálcica	mg/l Ca ²⁺	18.03	100	-----
Dureza Magnésica	mg/l Mg ²⁺	4.13	30	50
Cloro residual	mg/l Cl	1		0.2
Fósforo	µg / lP ₂ O ₃	0.107	400	5.000
Sólidos en suspensión	-----	1.5	Ausencia	-----
Residuo Seco a 180°C	mg/l	405	-----	1.500

Limpieza química de tuberías de abastecimiento. Eliminación de Hierro y Manganeseo.

ENSAYO	UNIDAD	CONCENTRACIÓN	NIVEL DE GUÍA	CMA
<u>Componentes no deseados</u>				
Nitritos	mg/l NO ₂ ⁻	0.003	----	0.1
Nitratos	mg/l NO ₃ ⁻	11.608	25	50
Amonio	mg/l NH ₄ ⁺	0.08	0.05	0.5
Oxidabilidad	mg/l O ₂	1.2	2	5
Flúor	µg / l F 25-30°C	0.34		700
Hierro	µg / l Fe	51	50	200
Manganeseo	µg / l Mn	12	20	50
Cobre	µg / l Cu	97	100	----
Zinc	µg / l Zn	24	100	----
Arsénico	µg / l As	1	----	50
Plomo	µg / l Pb	<30	----	50
Cadmio	µg / l Cd	<5	----	5
<u>Caracteres microbiológicos</u>				
Coliformes totales	µOrg/100ml	Ausencia	----	0
Coliformes fecales	µOrg/100ml	Ausencia	----	0
Estreptococos F.	µOrg/100ml	Ausencia	----	0

Limpieza química de tuberías de abastecimiento. Eliminación de Hierro y Manganeso.

POBLACION: VALENCIA DEL VENTOSO

FECHA: 10/11/99

PUNTO DE MUESTREO: PTO 4

ENSAYO	UNIDAD	CONCENTRACIÓN	NIVEL DE GUÍA	CMA
<u>Caracteres Organolépticos</u>				
Olor		Inapreciable		
Sabor		Inapreciable		
Turbidez	UNF	3.38	1	6
<u>Caracteres físico-químicos</u>				
Conductividad	µS/cm	428	400	2.500
pH		7.666	6.5 - 8.5	9.5
Cloruros	mg/l Cl ⁻	4.821	25	-----
Sulfatos	mg/l SO ₄ ²⁻	101.5	25	250
Dureza total	mg/l Ca	68.06	-----	>60
Dureza cálcica	mg/l Ca ²⁺	16.43	100	-----
Dureza Magnésica	mg/l Mg ²⁺	6.56	30	50
Cloro residual	mg/l Cl	0.8		0.2
Fósforo	µg / lP ₂ O ₃	0.142	400	5.000
Sólidos en suspensión	-----	2.8	Ausencia	-----
Residuo Seco a 180°C	mg/l	414	-----	1.500

Limpieza química de tuberías de abastecimiento. Eliminación de Hierro y Manganeseo.

ENSAYO	UNIDAD	CONCENTRACIÓN	NIVEL DE GUÍA	CMA
<u>Componentes no deseados</u>				
Nitritos	mg/l NO ₂ ⁻	0.009	----	0.1
Nitratos	mg/l NO ₃ ⁻	10.234	25	50
Amonio	mg/l NH ₄ ⁺	0.13	0.05	0.5
Oxidabilidad	mg/l O ₂	1.76	2	5
Flúor	µg / l F 25-30°C	0.39		700
Hierro	µg / l Fe	<20	50	200
Manganeseo	µg / l Mn	35	20	50
Cobre	µg / l Cu	76	100	----
Zinc	µg / l Zn	2	100	----
Arsénico	µg / l As	1	----	50
Plomo	µg / l Pb	<30	----	50
Cadmio	µg / l Cd	<5	----	5
<u>Caracteres microbiológicos</u>				
Coliformes totales	µOrg/100ml	Ausencia	----	0
Coliformes fecales	µOrg/100ml	Ausencia	----	0
Estreptococos F.	µOrg/100ml	Ausencia	----	0

Limpieza química de tuberías de abastecimiento. Eliminación de Hierro y Manganeso.

POBLACION: VALENCIA DEL VENTOSO

FECHA: 10/11/99

PUNTO DE MUESTREO: PTO 5.

ENSAYO	UNIDAD	CONCENTRACIÓN	NIVEL DE GUÍA	CMA
<u>Caracteres Organolépticos</u>				
Olor		Inapreciable		
Sabor		Inapreciable		
Turbidez	UNF	0.45	1	6
<u>Caracteres físico-químicos</u>				
Conductividad	µS/cm	393	400	2.500
pH		8.032	6.5 - 8.5	9.5
Cloruros	mg/l Cl ⁻	1.205	25	-----
Sulfatos	mg/l SO ₄ ²⁻	84.3	25	250
Dureza total	mg/l Ca	67.06	-----	>60
Dureza cálcica	mg/l Ca ²⁺	13.03	100	-----
Dureza Magnésica	mg/l Mg ²⁺	6.56	30	50
Cloro residual	mg/l Cl	0.2		0.2
Fósforo	µg / lP ₂ O ₃	0.142	400	5.000
Sólidos en suspensión	-----	5	Ausencia	-----
Residuo Seco a 180°C	mg/l	408	-----	1.500

Limpieza química de tuberías de abastecimiento. Eliminación de Hierro y Manganeseo.

ENSAYO	UNIDAD	CONCENTRACIÓN	NIVEL DE GUÍA	CMA
<u>Componentes no deseados</u>				
Nitritos	mg/l NO ₂ ⁻	0.014	----	0.1
Nitratos	mg/l NO ₃ ⁻	12.981	25	50
Amonio	mg/l NH ₄ ⁺	0.11	0.05	0.5
Oxidabilidad	mg/l O ₂	1.92	2	5
Flúor	µg / l F 25-30°C	0.34		700
Hierro	µg / l Fe	<20	50	200
Manganeseo	µg / l Mn	58	20	50
Cobre	µg / l Cu	86	100	----
Zinc	µg / l Zn	29	100	----
Arsénico	µg / l As	2	----	50
Plomo	µg / l Pb	<30	----	50
Cadmio	µg / l Cd	<5	----	5
<u>Caracteres microbiológicos</u>				
Coliformes totales	µOrg/100ml	Incontable	----	0
Coliformes fecales	µOrg/100ml	Ausencia	----	0
Estreptococos F.	µOrg/100ml	Ausencia	----	0

Limpieza química de tuberías de abastecimiento. Eliminación de Hierro y Manganeso.

POBLACION: VALENCIA DEL VENTOSO

FECHA: 10/11/99

PUNTO DE MUESTREO: PTO 6

ENSAYO	UNIDAD	CONCENTRACIÓN	NIVEL DE GUÍA	CMA
<u>Caracteres Organolépticos</u>				
Olor		Inapreciable		
Sabor		Inapreciable		
Turbidez	UNF	0.59	1	6
<u>Caracteres físico-químicos</u>				
Conductividad	µS/cm	249	400	2.500
pH		7.43	6.5 - 8.5	9.5
Cloruros	mg/l Cl ⁻	6.629	25	-----
Sulfatos	mg/l SO ₄ ²⁻	96.35	25	250
Dureza total	mg/l Ca	61.05	-----	>60
Dureza cálcica	mg/l Ca ²⁺	18.03	100	-----
Dureza Magnésica	mg/l Mg ²⁺	3.88	30	50
Cloro residual		0.8		0.2
Fósforo	µg / lP ₂ O ₃	0.071	400	5.000
Sólidos en suspensión	-----	2	Ausencia	-----
Residuo Seco a 180°C	mg/l	415	-----	1.500

Limpieza química de tuberías de abastecimiento. Eliminación de Hierro y Manganeseo.

ENSAYO	UNIDAD	CONCENTRACIÓN	NIVEL DE GUÍA	CMA
<u>Componentes no deseados</u>				
Nitritos	mg/l NO ₂ ⁻	0.014	----	0.1
Nitratos	mg/l NO ₃ ⁻	12.295	25	50
Amonio	mg/l NH ₄ ⁺	0.11	0.05	0.5
Oxidabilidad	mg/l O ₂	1.84	2	5
Flúor	µg / l F 25-30°C	0.34		700
Hierro	µg / l Fe	<20	50	200
Manganeseo	µg / l Mn	7	20	50
Cobre	µg / l Cu	107	100	----
Zinc	µg / l Zn	13	100	----
Arsénico	µg / l As	1	----	50
Plomo	µg / l Pb	<30	----	50
Cadmio	µg / l Cd	<5	----	5
<u>Caracteres microbiológicos</u>				
Coliformes totales	µOrg/100ml	Ausencia	----	0
Coliformes fecales	µOrg/100ml	Ausencia	----	0
Estreptococos F.	µOrg/100ml	Ausencia	----	0

4. OBSERVACIONES.

Además de los parámetros exigidos por la normativa vigente “**Reglamentación Técnico Sanitaria para el Abastecimiento y Control de Calidad de las Aguas Potables de Consumo Público**” (R.D. 1138/1990 de 14 de Septiembre), se han analizado las grasas y actinomyces.

A causa del problema detectado después de la limpieza, en el que se observó una capa de grasas en la superficie interna de las tuberías, se creyó conveniente analizar este parámetro para ver si se produce alguna modificación de la calidad del agua. En ninguno de los puntos se ha detectado la presencia de grasas en el agua.

Por otro lado, y dado que el agua de consumo mostraba inicialmente un marcado sabor a lo que parecía ser tierra mojada, se consideró oportuno realizar un análisis con el objeto de determinar la posible presencia de los organismos que normalmente son los causantes de este problema de sabor. Estos organismos pertenecen al grupo de los Actinomicetos y son componentes habituales de la microflora de los suelos. En condiciones de estrés, los Actinomicetos pueden experimentar un excesivo crecimiento, lo que le lleva a producir cierta sustancia química (especialmente el compuesto cíclico geosmina) que aparece en las fuentes de agua potable y causa un característico sabor y olor a tierra mojada.

Los resultados de los análisis efectuados en el agua, en diferentes puntos de muestreo, nos indicaron, sin embargo, la presencia de tales organismos. Tan sólo se observó crecimiento en uno de los puntos muestreados, aunque en cantidad no significativa. Por lo que se concluyó que el olor inicial del agua debía ser causado posiblemente por una mala optimización del proceso de potabilización y no por la presencia de microorganismos contaminantes.

5. CONCLUSIONES.

De los resultados obtenidos se pueden extraer las conclusiones siguientes:

- En general, la calidad del agua es buena, pudiendo considerarse apta para el consumo humano.

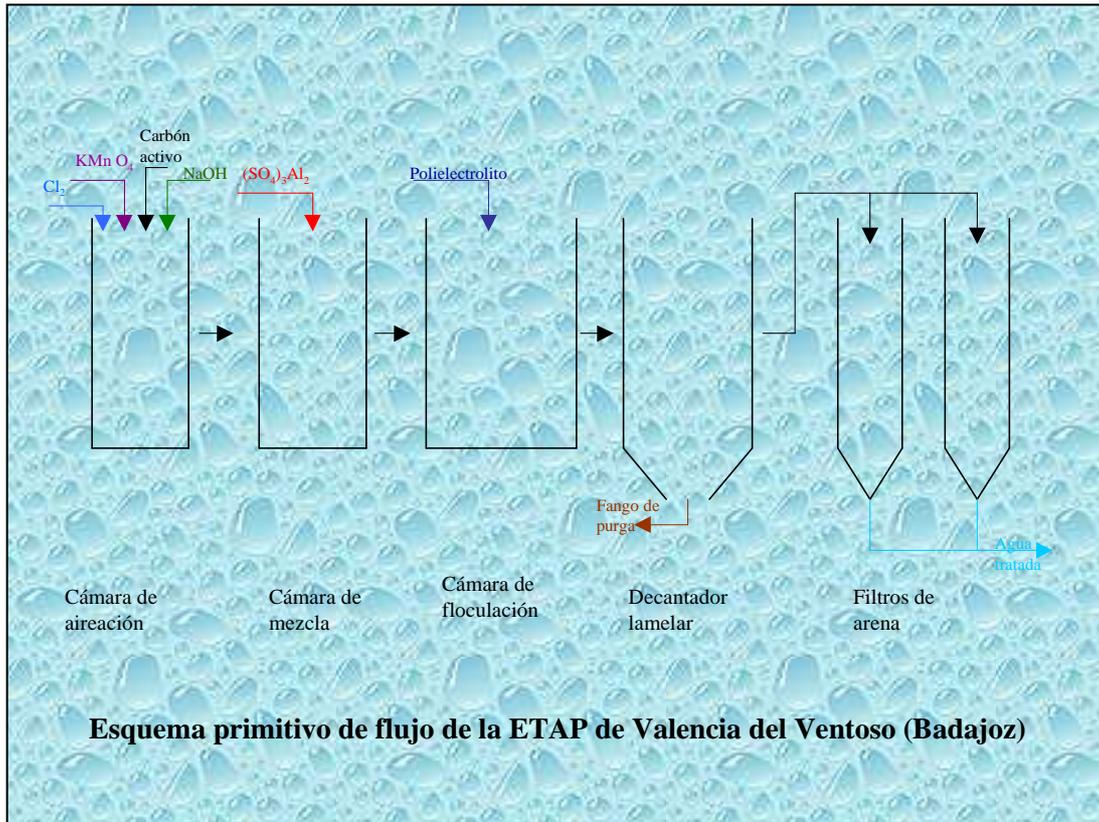
- En el punto 5, situado en la Avda. de la Constitución, el índice de manganeso presenta un valor por encima de lo legalmente permitido en una cantidad muy pequeña 0.08 ppb. Es preciso considerar que a niveles tan bajos de concentración, las desviaciones del método analítico pueden afectar más significativamente que a concentraciones superiores. Por lo tanto, no se puede afirmar de forma taxativa que este pequeño incremento de Mn respecto de la C.M.A. implique una mala calidad del agua. Señalar, así mismo, que esta estimación no es generalizada, si no que se da en un único punto de la red, por lo que puede ser consecuencia de mínimos residuos que todavía puedan ser arrastrados por las conducciones después de haberse llevado a cabo el tratamiento de desincrustación.

- El punto 5, también presenta valores positivos de coliformes totales. Este punto corresponde a un final de línea, por lo que es difícil mantener niveles de cloro residual adecuado que permitan una desinfección total. Es por ello, que sería conveniente introducir modificaciones en el sistema de cloración que permitan paliar este problema.

**OPTIMIZACIÓN DE LA ESTACIÓN DE TRATAMIENTO DE
AGUA POTABLE DE VALENCIA DEL VENTOSO**

1. PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA.

En el momento actual, la Estación de Tratamiento de Agua Potable para el abastecimiento de Valencia del Ventoso (Badajoz) consta de un sistema de tratamiento físico-químico seguido de una decantación y filtración en arena, que es el procedimiento usual utilizado en el tratamiento de aguas con turbidez moderada y alta. El esquema detallado de la planta es:



El agua de entrada presentaba un sabor fuerte a tierra y ligera turbidez.

Con el objeto de mejorar el proceso de potabilización actual, eliminando el citado mal sabor u disminuyendo la turbidez del agua de salida, se procedió a realizar un esquema de trabajo basado en dos líneas de actuación:

Limpieza química de tuberías de abastecimiento. Eliminación de Hierro y Manganeso.

1. Introducción de modificaciones en el proceso actual de potabilización.
2. Ajuste de las dosis de los reactivos utilizados en el proceso de tratamiento físico-químico y elección de aquellos reactivos que produzcan un mejor rendimiento en las diferentes fases de dicho proceso.

2. MODIFICACIONES SUGERIDAS

Tras un análisis pormenorizado de las características del agua en cada uno de los pasos que componen el sistema de potabilización y, muy especialmente, de la calidad del agua en el pantano desde el que se lleva a cabo la toma de agua hacia la planta, se sugirieron las siguientes modificaciones del proceso actual:

1. Eliminación de la precloración.

Esta medida tiene por objeto evitar la formación de cloraminas, compuestos que se originan como consecuencia de la reacción entre el cloro y sustancias orgánicas nitrogenadas que aparecen en el agua. Las cloraminas, además de ser perjudiciales para la salud, son causa de mal sabor en el agua, por lo que su eliminación puede contribuir significativamente a la mejora de las características organolépticas del agua de salida.

Por otro lado, la eliminación del cloro en esta primera fase no causaría ningún problema en cuanto a la ausencia de actividad desinfectante en el agua, porque se vería compensada por un incremento en la cantidad de permanganato a añadir. Es decir, el permanganato potásico, de fuerte acción desinfectante, compensaría sobradamente la falta de cloro en esta primera fase del proceso de potabilización, haciendo que la eliminación de la precloración no suponga, en la práctica, ningún problema en el rendimiento global del proceso.

Creemos que esta medida es muy importante por cuanto un análisis al microscopio óptico de muestras de agua recogidas en el pantano durante el periodo estival, reveló la presencia de numerosas poblaciones de algas, en especial de algas verde-azuladas. La presencia de tales microorganismos en dominancia respecto a otras comunidades de algas, es síntoma inequívoco del proceso denominado eutrofización. La eutrofización es un proceso indeseable debido a un exceso de nutrientes en el agua, fundamentalmente nitrógeno y fósforo, y a una disminución en la tasa de recambio del agua. Además de provocar la proliferación de determinadas comunidades de algas como las observadas en la muestra de agua tomada en el pantano de Valencia del Ventoso, este proceso tiende a originar una escasez general de oxígeno en toda la cubeta del pantano y muy especialmente en su capa más profunda. El resultado final es un agua estancada y maloliente, normalmente de color verdoso, y muy rica en materia orgánica.

Todas estas características indeseables del agua fueron observadas en la muestra recogida en el pantano durante el verano, por lo que parece claro que, ante una elevada concentración de materia orgánica contaminante en el agua de entrada, la eliminación del proceso de precloración es una medida necesaria cuya puesta en funcionamiento evita la formación de productos secundarios que, en el caso de originarse, introducirán problemas añadidos en el proceso de potabilización.

2. Adición del corrector de pH en la cámara de mezcla (y no en la cámara de aireación)

Aunque a lo largo del tratamiento físico-químico, el pH es un parámetro que debe ser siempre controlado, es en el proceso de coagulación donde juega, tal vez, un papel más importante. Por ello, en lugar de añadir el corrector de pH (en este caso, sosa cáustica) en la cámara de aireación, se propone su adición directamente en la misma cámara en la que se añade el coagulante, esto es, en la cámara de mezcla.

La coagulación es un proceso que tiene lugar muy rápidamente (tiempo de retención muy bajo), siendo el rango de pH al que actúa el coagulante muy importante para su buen rendimiento.

El coagulante utilizado en la estación de Valencia del ventoso es sulfato de alúmina, reactivo que necesita un pH entre 5 y 7.5 para una correcta actividad. Por ello, se sugiere adicionar el corrector en la misma cámara de mezcla y controlar el pH, a ser posible, mediante la cloración de un sensor de pH en dicha cámara.

3. Eliminación del carbón activo.

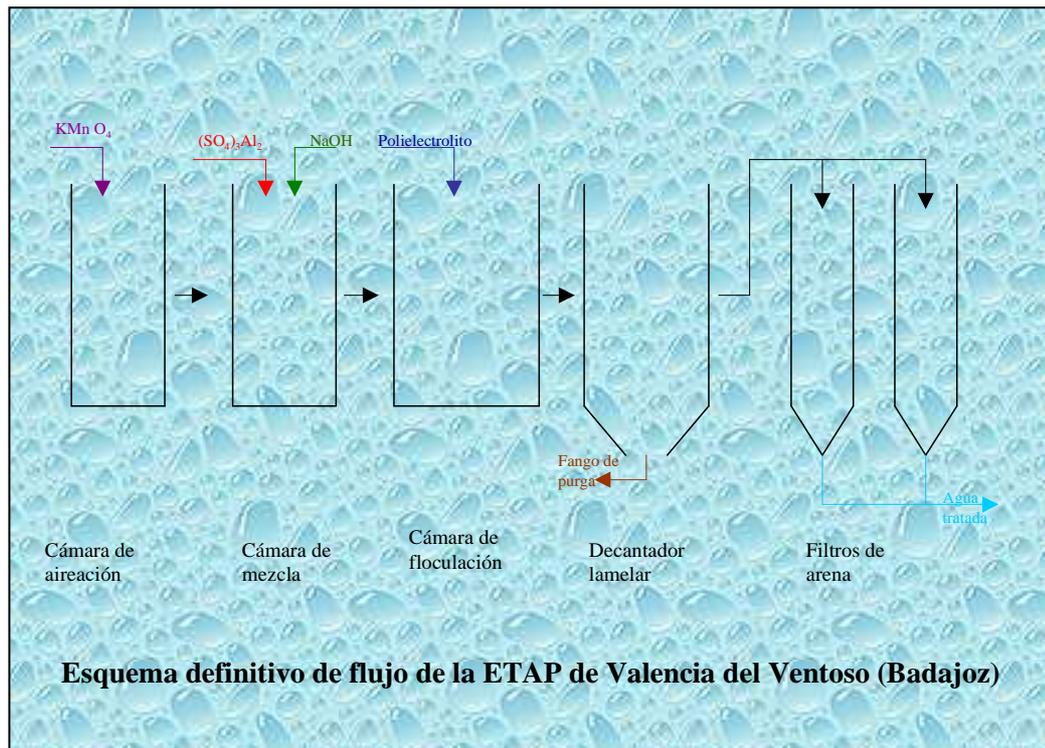
El carbón activo, cuando es utilizado en un proceso de tratamiento de aguas destinadas al abastecimiento urbano, se usa como material de filtrado al final del tratamiento, no al principio. Su utilización en la primera fase del proceso de tratamiento no introduce ninguna mejora sustancial en la calidad del agua y, por el contrario, provoca la formación de un residuo (el propio carbón) que será arrastrado a lo largo de todo el proceso hasta el filtrado de arena final.

En este caso, se propone eliminar la adición preliminar de carbón activo y sustituirlo, si cabe, por un uso final como tratamiento terciario del agua, en el caso en que el agua de salida de la planta siga manteniendo un problema de olor y/o sabor que no pueda ser eliminado ni aún mejorando el resto de las fases del proceso. En este caso, se trataría de instalar un filtro de carbón activo en lugar de arena o después del filtro de arena. El carbón a utilizar sería granular y no en polvo, por ser el carbón granular el más idóneo para la eliminación de las moléculas causantes del sabor desagradable en el agua. Este tipo de carbón presenta una estructura de poros de tamaño medio (mesoporos), que son los más adecuados para la adsorción de las moléculas problema y, además, posee la particularidad de que puede ser reactivado tras su saturación.

No obstante, tal y como se ha dicho, la instalación del filtro de carbón activo está condicionada a la constatación de que el agua, una vez tratada con el resto de las modificaciones sugeridas en la planta, continúa mostrando baja calidad en cuanto a sabor y olor.

Por lo tanto, y una vez introducidas las mencionadas modificaciones en el sistema de potabilización del agua de Valencia del Ventoso, el esquema de tratamiento quedaría como sigue.

Limpieza química de tuberías de abastecimiento. Eliminación de Hierro y Manganeso.



3. AJUSTE DE LAS DOSIS DE REACTIVOS.

En la tabla que se adjunta a continuación se indican las dosis y caudales que se consideramos recomendables para un mejor funcionamiento de la planta.

REACTIVOS	PREPARACIÓN DE LAS DISOLUCIONES	CAUDALES RECOMENDADOS
Permanganato potásico	1 Kg en 500 litros de agua	100 mililitros / minuto
Sulfato de aluminio	Como viene (50 % en relación peso/volumen)	200 mililitros / minuto
Sosa cáustica	Como viene (50 %)	75 mililitros / minuto
Polielectrolito catiónico DEGREMONT	2 Kg en 500 litros de agua	220 mililitros / minuto
Hipoclorito sódico	Como viene	No clorar al principio. En cuanto al final, probar un caudal similar al que estais utilizando (35 mil/min) o superior
Carbón activo	No usar	No usar

Es muy importante ajustar bien la cantidad de permanganato. El caudal de 100 ml/min debe tener en cuenta la turbidez del agua del pantano. Sería mejor, tal vez, añadir 75 ml/min en la toma de agua (abajo) y completar con 25 ml/min en la cámara de aireación (arriba). De todas maneras, en situaciones de gran turbidez, es posible que el agua admita todavía más permanganato (en uno de los ensayos realizados en la planta en un momento en el que el agua estaba particularmente turbia, se llegó a añadir una cantidad de permanganato que equivaldría a un caudal de 400 ml/min, aunque esto no debería ocurrir en situaciones normales). En cualquier caso, siempre es conveniente añadir tres cuartos del caudal recomendado abajo en la toma de agua y el resto arriba. De esta forma, también, se ahorra coagulante, dado que el producto de la reacción del permanganato (dióxido de manganeso) con las sustancias disueltas en el agua actúa como coagulante por sí mismo, pudiendo ir coagulando materia en el trayecto que existe entre la caseta de bombeo y la planta.

En cuanto al coagulante y al floculante, los caudales indicados son los que mejor resultado rindieron en los ensayos realizados en la planta. Siempre, de lo que se trata es

Limpieza química de tuberías de abastecimiento. Eliminación de Hierro y Manganeso.

de obtener unos flóculos grandes y que no floten, por lo que es conveniente no pasarse ni quedarse corto con el polielectrolito. Por eso, es recomendable que en vez de añadir 1,5 Kg de polielectrolito en los 500 litros de agua, se liga la disolución con 2 Kg (más concentrada) y se ajusta luego observando como decantan los floculos. En cuanto al tipo de floculante, se comprobó que los mejores resultados se obtienen con los catiónicos. El de Degremont es adecuado, aunque casi cualquier otro del mismo tipo también iría bien igualmente.

La sosa cáustica debe ser añadida en la cámara de mezcla, por lo que es recomendable colocar un sensor de pH en este compartimento. Un caudal de 75 ml/min es más que suficiente, dado que la disolución de sosa viene ya muy concentrada. De todas formas, el caudal del corrector de pH siempre habrá de variar en función de los que marque el sensor de pH. El pH es un parámetro que varia mucho, de forma que es normal que se tenga que estar modificando el caudal casi continuamente.

ANEXO I

**PROPUESTA INICIAL DE LIMPIEZA DE LA RED DE
ABASTECIMIENTO**

1. INTRODUCCIÓN

En reunión celebrada en el salón de plenos del Ayuntamiento de Valencia del Ventoso, el día seis de septiembre de mil novecientos noventa y nueve, se acordó el diseño de un plan de actuación destinado a determinar:

- División del municipio en sectores para la limpieza de las tuberías.
- Estrategia de limpieza.
- . Equipos y materiales necesarios.

A continuación se presenta la propuesta hecha por el Grupo de Tratamiento de Aguas Residuales de la Universidad de Sevilla, para proceder a la limpieza de las tuberías de abastecimiento de agua potable

2. DIVISIÓN DEL PUEBLO EN SECTORES.

Para la limpieza de la red de abastecimiento de agua potable, se opta por dividir el pueblo en varios sectores, ya que se considera inviable la limpieza de toda la red del pueblo de una sola vez. Dichos sectores son:

- **TRAMO DE PRUEBA.** Que se corresponde con la tubería que va desde la Planta de Tratamiento de Aguas Potables hasta la primera bifurcación en la entrada del pueblo incluyéndose los dos depósitos de abastecimientos situados en la depuradora. Dicha conducción se encuentra paralela a la carretera a Valverde de Burguillos

- **FASE 1.** Constituido por la Calle San José.

- **FASE 2.** El resto de la red de abastecimiento se va a dividir en varios sectores:

- **Sector 1.** Que comprende: Calle Capitán Navarrete, Calle Extramuro, Calle Olivo, Calle Encomienda, Calle Moraleja, Calle Estación, Travesía Estación, Calle Nueva, Calle San Lázaro, Calle Milanero, Calle Méndez Núñez, Calle General Varela (desde la esquina de Capitán Navarrete hasta Méndez Núñez), Ronda de Fregenal, Calle Piedad, Calle Valle (desde la esquina con Milanero hasta la esquina con Piedad), Calle San Juan (desde Piedad hasta la plaza de la iglesia), Calle Huelva, Travesía de Fregenal, Calle Monjas, Calle Convento, Calle Hornos, Calle de Bodonal, Travesía de Caridad, Calle Albuera, Calle Caridad y el tramo entre las calles Convento y San Blas.

- **Sector 2.** Que comprende: Calle General Varela (la parte restante), Calle San José (la parte restante), Calle Zurbarán, Calle Arias Montano, Calle José Antonio, Calle Valle (la parte restante), Calle San Juan (la parte restante), Calle B. de Guevara, Plaza España, Avenida de Portugal, Calle Queipo de Llano, Calle Isabel la Católica, Calle Calvo Sotelo, Plaza Jovellanos, Calle San Blas, Calle Estudiantes, Calle 1º de Julio, Calle Cervantes, Calle Estrella y además los tramos que entre ellas se encuentren.

- **Sector 3.** Que comprende: Calle Hernán Cortés, Calle General Franco, Calle Pizarro, Calle Morena, Calle Medina, Carretera a Medina, Calle Ezequiel Fernández, Calle Valverde, Calle Mártires, Calle Colón, Calle Silos, Calle General Mola, Calle Comandante Castejón.

FASE 3. Tramo de toma de agua bruta desde el embalse hasta la E.T.A.P

3. ESTRATEGIA DE LIMPIEZA.

La limpieza de la red tuberías de abastecimiento de agua potable, se realizará de forma que cause el menor impacto posible en la población y los costes sean los menores posibles.

Existen dos posibilidades:

1. Utilizar los depósitos municipales de 200 m³ cada uno, situados en la ETAP. Esta opción presenta la dificultad de no poder abastecer al pueblo, de agua potable, durante el tiempo que dure la limpieza de las tuberías. Además el volumen de agua necesario para realizar la operación no es suficiente, debido a que habría que llenar varias veces los depósitos, con el consiguiente gasto que ello conlleva.
2. Otra posibilidad es utilizar la piscina pública, (situada a unos 500 m por encima del nivel del mar, uno de los puntos más altos del pueblo), con un volumen de agua almacenada de 2.000 m³. Como depósito de mezcla se utilizaría un depósito adyacente situado en la misma piscina municipal.

Finalmente se va a optar por la segunda de las dos opciones por las siguientes razones:

- No es necesario cortar el suministro de agua potable a la población, sino sólo en aquellas zonas en las que se esté efectuando la limpieza.
- El volumen de agua almacenado en la piscina es suficiente para realizar toda la limpieza de la red de abastecimiento.
- Se dispone de un depósito con capacidad suficiente para realizar la mezcla con agua oxigenada.
- Es posible realizar la limpieza de todas las calles, excepto la C/ San José, que sería un caso puntual.

Limpieza química de tuberías de abastecimiento. Eliminación de Hierro y Manganeso.

Antes de procederse a la limpieza de los distintos tramos se realizará un ensayo con agua limpia para comprobar que todas las válvulas funcionan correctamente y no exista ninguna acometida que no se haya determinado previamente.

FASE DE PRUEBA: Se realizará en la tubería que va desde la E.T.A.P. hasta la bifurcación situada en la intersección de las calles Silos con Mártires.

Además de esta tubería, también se limpiarán los depósitos de la misma planta, para ello será preciso el corte de abastecimiento de agua a toda la población durante el tiempo que dure la limpieza.

FASE 1. Limpieza de la Calle San José que se encuentra a una cota superior de la que está situada la piscina, por lo que la limpieza se debe realizar con la ayuda de un camión cisterna, desde el que se inyectará la mezcla con agua oxigenada a la tubería

Durante dicha operación el abastecimiento de agua potable de esta calle se cortará, permaneciendo el del resto del pueblo en funcionamiento.

FASE 2. Limpieza del pueblo por sectores, para lo cual será necesario dividir la red de abastecimiento de agua potable en varios tramos. De esta forma se facilita la operación de limpieza y se evita tener a toda la población sin agua.

Se dividirá en tres sectores, como ya se ha indicado anteriormente y el orden de ejecución de la limpieza coincidirá con la numeración anteriormente descrita.

Las pautas a seguir en este caso son las siguientes:

- Definir claramente las calles que se van a limpiar.
- Cortar el suministro de agua a la zona, cerrando las correspondientes válvulas.
- Avisar a los usuarios que se va a proceder a la limpieza e informales sobre las normas de seguridad que deben tener en cuenta.

FASE 3. Limpieza del tramo de tubería del pantano a la ETAP. Se procesará de igual forma que en los casos anteriores.

Limpieza química de tuberías de abastecimiento. Eliminación de Hierro y Manganeso.

Consideraciones a tener en cuenta:

- Llenar las tuberías por un extremo, dejando en el otro un orificio que sirva para desalojar el aire que haya dentro de las conducciones, y que impediría el llenado de las mismas, dichos extremos deben coincidir con los de mayor y menor cota.
- Mientras se realiza la limpieza, el extremo superior de las conducciones debe permanecer abierto, para eliminar los gases producidos por la acción del agua oxigenada sobre los metales depositados. Sería conveniente dejar más de un orificio de respiración en las conducciones, para evitar problemas de sobrepresión en las mismas.
- El control de llenado de las tuberías, se llevará a cabo siguiendo el potencial redox del agua desalojada del mismo.

Limpieza química de tuberías de abastecimiento. Eliminación de Hierro y Manganeso.

4. EQUIPOS Y MATERIALES NECESARIOS.

Antes de proceder a enumerar los equipos y materiales necesarios para realizar la limpieza, será necesario conocer el volumen de conducciones que posee el pueblo.

CALLE	DIÁMETRO PASO (mm)	LONGITUD (m)	VOLUMEN (m ³)
TRAMO DE PRUEBA			
TUB. GENERAL ETAP-PUEBLO	250	800	39.27
TOTAL		800	39.27
FASE 1			
SAN JOSÉ	125	239	2.93
TOTAL		239	2.93
FASE 2 SECTOR 1			
ALBUERA	60	124	0.35
CAPITÁN NAVARRETE	80	489	2.46
CAPITÁN NAVARRETE	70	246	0.95
CARIDAD	60	27	0.08
CONVENTO	60	153	0.43
DE BODONAL	60	93	0.26
ENCOMIENDA	60	107	0.30
ESTACIÓN	60	120	0.34
EXTRAMURO	60	93	0.26
GENERAL VARELA	100	110	0.86
HORNOS	60	210	0.59
HUELVA	60	100	0.28
MÉNDEZ NÚÑEZ	60	186	0.53
MILANERO	60	136	0.38
MORALEJA	80	214	1.08
NUEVA	60	97	0.27
OLIVO	60	286	0.81
PIEDAD	70	129	0.50
PLAZA IGLESIA	60	53	0.15
RONDA FREGENAL	60	600	1.70
SAN JUÁN	70	31	0.12
SAN LÁZARO	60	236	0.67

Limpieza química de tuberías de abastecimiento. Eliminación de Hierro y Manganeso.

CALLE	DIÁMETRO PASO (mm)	LONGITUD (m)	VOLUMEN (m ³)
TR. CAP. NAVARRETE-MORALEJA	80	43	0.22
TRAMO CONVENTO-SAN BLAS	70	20	0.08
TRAVESÍA DE CARIDAD	60	103	0.29
TRAVESÍA ESTACIÓN	80	150	0.75
VALLE	70	87	0.33
TOTAL		4243	15.01
SECTOR 2			
ARIAS MONTANO	60	167	0.47
AVENIDA DE PORTUGAL	80	189	0.95
AVENIDA DE PORTUGAL	60	236	0.67
AVENIDA JOSE ANTONIO	150	81	2.65
AVENIDA JOSE ANTONIO	60	140	0.40
AVENIDA JOSE ANTONIO	70	71	0.27
B. DE GUEVARA	60	70	0.20
CALVO SOTELO	60	73	0.21
CERVANTES	80	84	0.42
ESTRELLA	60	70	0.20
ESTUDIANTES	60	106	0.30
GENERAL VARELA	100	190	1.50
ISABEL LA CATÓLICA	60	93	0.26
PLAZA DE ESPAÑA	60	79	0.22
PLAZA DE ESPAÑA	70	89	0.34
PLAZA IGLESIA	60	57	0.16
PLAZA JOVELLANOS	60	41	0.12
PLAZA JOVELLANOS	80	224	0.12
PRIMERO DE JULIO	60	230	0.65
QUEIPO DE LLANO	60	163	0.46
SAN BLAS	70	109	0.42
SAN JOSÉ	125	68	0.84
SAN JUÁN	70	82	0.31
TRAMO AVDA PORTUGAL- QUEIPO DE LLANO	80	46	0.23
TRAMO SAN BLAS-ESTUDIANTES	60	54	0.15
VALLE	70	116	0.45
ZURBARÁN	150	217	3.83
TOTAL		3145	16.80
CALLE	DIÁMETRO PASO (mm)	LONGITUD (m)	VOLUMEN (m ³)

Limpieza química de tuberías de abastecimiento. Eliminación de Hierro y Manganeso.

SECTOR 3			
CARRETERA MEDINA	60	31	0.09
COLÓN	60	170	0.48
COMANDANTE CASTEJÓN	60	187	0.53
EZEQUIEL FERNÁNDEZ	60	249	0.70
GENERAL FRANCO	60	257	0.73
GENERAL MOLA	100	177	1.39
GENERAL MOLA	60	56	0.16
HERNÁN CORTÉS	150	459	8.11
HERNÁN CORTÉS	60	264	0.75
MÁRTIRES	100	184	1.45
MEDINA	60	61	0.17
MORENA	60	203	0.57
PIZARRO	60	66	0.19
SILOS	100	141	1.11
SILOS	150	59	1.04
VALVERDE	60	74	0.21
TOTAL		2638	17.68
FASE 3			
ABASTECIMIENTO DE LA E.T.A.P.	200	4000	126
TOTAL		4000	126

Además de todas las tuberías, también deberemos contar con la limpieza de los dos depósitos de la estación de tratamiento de aguas potables. Cada uno de ellos tiene un volumen de 200m³.

Limpieza química de tuberías de abastecimiento. Eliminación de Hierro y Manganeso.

Según los datos anteriores, se extraen las siguientes conclusiones:

	VOLUMEN (m ³)	COEF. SEGURIDAD	VOLUMEN TOTAL (m ³)
Tubería abast. Pueblo (procedente de la piscina)	52	1.5	79
Acometida general pueblo (procedente de la ETAP)	39	1.5	59
Tubería abast. ETAP (procedente del pantano)	126	1.5	188
Depósitos de abastecimiento	400	1	400

Dado que la limpieza se va a realizar con agua oxigenada en dilución 1:50, será necesario disponer (para una sola limpieza) de las siguientes cantidades de agua oxigenada:

- volumen total de tuberías de abastecimiento del pueblo: 2 m³.
- volumen de la acometida general del pueblo: 1 m³.
- volumen de la tubería de abastecimiento de la E.T.A.P.: 4 m³.
- . Volumen total de los depósitos de abastecimiento: 0.012 m³

Estimamos que la desincrustación de las tuberías se realizará en tres limpiezas sucesivas y será necesario lavar con agua al menos unas tres veces para recuperar la calidad de agua potable exigida. En todo caso podría ser necesario una actuación “local” de recuerdo, en algún punto cuyas tuberías pudieran tener una capa muy importante de Fe-Mn, en todo caso no es muy probable.

Limpieza química de tuberías de abastecimiento. Eliminación de Hierro y Manganeseo.

En resumen, los volúmenes totales necesarios son los siguientes.

	VOLUMEN TOTAL DE AGUA OXIGENADA (m³)	VOLUMEN TOTAL DE AGUA (m³)
3 LIMPIEZA	21	1000
3 LAVADO DE LAS TUBERÍAS	-----	1000