



Master en Ingeniería Medioambiental y Gestión del Agua 2007/2008

Módulo IV: Abastecimientos y Saneamientos Urbanos

POTABILIZACIÓN DEL AGUA

AUTOR: DAVID CASERO RODRÍGUEZ

PROCESOS E INSTALACIONES DE TRATAMIENTO DE AGUAS.

Índice

MÓDULO IV: ABASTECIMIENTOS Y SANEAMIENTOS URBANOS.....	1
POTABILIZACIÓN DEL AGUA.....	1
ÍNDICE.....	2
1.- LEGISLACIÓN.....	4
1.1.- <i>INTRODUCCIÓN</i>	4
1.2.- <i>LEGISLACIÓN</i>	6
2. PRETRATAMIENTOS.....	10
2.1.- <i>INTRODUCCIÓN</i>	10
2.2 <i>DESBASTE</i>	10
2.2.1. <i>Rejas manuales</i>	11
2.2.2. <i>Rejas de limpieza automática</i>	12
2.3. <i>TAMIZADO</i>	12
2.3.1 <i>Tamices rotatorios</i>	13
2.3.2. <i>Tamices fijos con rasquetas</i>	13
2.3.3 <i>Tamices de autolimpieza</i>	13
2.4 <i>DESARENADO</i>	14
2.5 <i>PREDECANTACIÓN</i>	15
2.6 <i>DESACEITADO Y DESENGRASE</i>	15
2.7 <i>EUTROFIZACIÓN</i>	16
2.7.1 <i>Ciclos Térmicos de un Embalse (Estratificación y mezcla)</i>	16
3. COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN-DECANTACIÓN.....	19
3.1. <i>INTRODUCCIÓN</i>	19
3.2. <i>TRATAMIENTO DEL AGUA. CLARIFICACIÓN</i>	21
3.3. <i>VELOCIDAD DE ARRASTRE</i>	23
3.4. <i>PRESEDIMENTACIÓN</i>	24
3.5. <i>COAGULANTES</i>	25
3.6. <i>FLOCULANTES POLIMÉRICOS</i>	26
3.7. <i>MEZCLADO</i>	26
3.8. <i>CRITERIOS DE DISEÑO</i>	27
3.9. <i>MÉTODOS DE ADICIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS</i>	27
4. FILTRACIÓN.....	29
4.1. <i>INTRODUCCIÓN</i>	29
4.2. <i>TEORÍA DE LA FILTRACIÓN</i>	29
4.3. <i>TEORÍA DE LA FILTRACIÓN A TRAVÉS DE UN MEDIO FILTRANTE</i>	31
4.4. <i>MEDIO FILTRANTE</i>	33
4.5. <i>MEDIOS FILTRANTE MIXTOS</i>	34
4.6. <i>FILTROS DE PRESIÓN</i>	35



5.-DESINFECCIÓN DE LAS AGUAS.....	37
5.1. INTRODUCCIÓN.....	37
5.2. EL CLORO EN EL AGUA.....	37
5.3. CLORACIÓN.....	38
5.4. EL OZONO EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA.....	42
5.4.1. OZONIZADORES.....	44
5.4.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA OZONIZACION.....	46
5.5. OTRAS TÉCNICAS DE DESINFECCIÓN.....	47
5.6. SUBPRODUCTOS DE LA DESINFECCIÓN.....	49
6. PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS.....	56
6.1. INTRODUCCIÓN.....	56
6.2. CARACTERÍSTICAS DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE.....	56
6.3. PLANTAS DE TRATAMIENTO PARA PEQUEÑAS COMUNIDADES.....	57
6.4. PLANTAS DE TRATAMIENTO MEDIANAS Y GRANDES.....	58
7.- TRATAMIENTO DE LAS AGUAS INDUSTRIALES.....	62
7.1. PROBLEMAS GENERALES.....	62
7.2. INDUSTRIAS METALÚRGICAS.....	69
7.3. INDUSTRIAS DEL PAPEL.....	77
7.4. INDUSTRIAS AGRÍCOLAS Y ALIMENTARIAS.....	77
7.5. OTRAS INDUSTRIAS.....	79
7.6. DEPURACIÓN DE SALMUERAS.....	81
8. ANEXO.....	82

1.- LEGISLACIÓN.

1.1.- INTRODUCCIÓN

A pesar de nuestra absoluta necesidad de respirar aire puro, nada es más importante para nosotros que la calidad del agua que bebemos, aunque desde luego, necesitamos agua limpia también para otros usos.

Todas las poblaciones más importantes del mundo moderno se desarrollaron a orillas del agua. Pero no se debe a que la gente necesite gran cantidad de agua para sobrevivir. Mientras que las personas no necesitan más de 5 litros de agua para preparar medio kilo de carne, para hacer medio kilo de papel se requieren 125 litros de agua, y 300 litros para producir medio kilo de fertilizante.

Las ciudades crecieron cerca del agua fundamentalmente por las necesidades de agua que tiene la industria. En Estados Unidos la industria usa 100 millones de metros cúbicos por año de agua para enfriar, lavar y distribuir sus materiales, cantidad que equivale al 30% del agua de los ríos de todo el mundo. Sólo una pequeña parte del agua que se usa permanece limpia ya que, a medida que circula, va reflejando la historia de dónde ha estado y para qué ha sido usada.

Esta Materia, que vamos a tratar, centra su atención en asegurar la calidad del agua usada como bebida y el primer objetivo es debatir los problemas actuales del agua potable y la tecnología disponible para mitigarlos. No trata tanto de soluciones y de tecnología aproximada para tranquilizar y «sentirse bien», sino de ciencia y tecnología básicas.

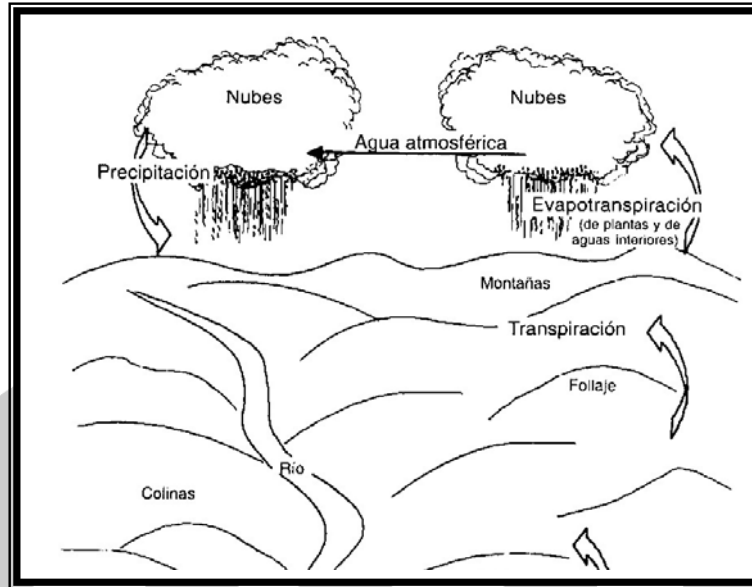
El interés por la calidad del agua no es nuevo. A través de la historia de la civilización, la preocupación por la disponibilidad de agua potable ha jugado un papel importante en el asentamiento de la población y en el modo en que esos asentamientos se convirtieron en las ciudades de hoy. Los que residimos en la mayoría de ciudades de España tenemos la fortuna de contar con un suministro abundante de agua dulce.

La tecnología ha permitido llevar el agua a nuestras zonas áridas. Pero incluso con esta abundancia, el desarrollo económico y el crecimiento de la población están restringiendo en cantidad y calidad el agua potable disponible.

Billones de metros cúbicos de lluvia caen en España (de manera desigual) llenando arroyos, ríos, lagos y ciénagas. El agua pasa a través del filtro natural del suelo para recargar los acuíferos. Y cada día los agricultores de regadío, los usuarios de la industria, y los usuarios domésticos extraen cientos de millones de metros cúbicos de un volumen finito de agua.

Usamos esta agua para todo, desde el lavado de los platos y el riego del jardín, hasta el enfriamiento de la maquinaria de los complejos industriales.

Cuando acabamos con esto, el agua (materia siempre y para siempre en movimiento) sigue su camino en el ciclo hidrológico -llega a un arroyo, río, embalse, lago o pantano- incorporando todos los contaminantes recogidos en su curso.



Cuando abrimos el grifo para llenar el vaso con agua afirmamos la creencia de que tenemos derecho al agua de buena calidad. Lo que a la mayoría nos preocupa es que el agua que salga del grifo esté en buen estado, sea una sustancia que no nos cause daño. ¿Es este realmente el caso? ¿El agua de nuestros grifos está en buen estado? Hemos oído decir que en casi todos los abastecimientos públicos de agua en España hay sustancias químicas que podrían producir cáncer (Trihalometanos).

Otro aspecto de interés es cómo sale el agua del grifo. ¿Ha sido comprobada de acuerdo con la normativa y los requisitos aplicables? ¿Son fiables las comprobaciones? Los funcionarios de sanidad opinan que el agua es segura ¿saben realmente si es o no segura? ¿Son las normativas estatales adecuadas o no?

El agua, una sustancia que se usa y rehúsa constantemente, es reciclada por el ciclo hidrológico. Para los usuarios del agua directamente afectados por la calidad de la misma uno de los pasos más importantes para proteger la salud es asegurarnos de que el agua disponible para beber es potable, un paso no tan fácil de alcanzar. No podemos decir cómo es la calidad del agua simplemente mirándola, ya que sabemos que puede aparecer clara en un vaso y contener tóxicos químicos, o patógenos víricos o bacterianos, causantes de enfermedades.

Para potabilizar el agua, las poblaciones utilizan plantas de tratamiento y una amplia variedad de tecnologías que van desde el simple desbaste o filtración gruesa, los filtros de arena y la desinfección, hasta procesos químicos y mecánicos de gran complejidad.

Sin embargo, estos sistemas no son infalibles. Cuando fallan, los usuarios quedan vulnerables a múltiples riesgos químicos y biológicos.

En 1993, un organismo microscópico del género *Cryptosporidium* enfermó a más de 400.000 personas en Milwaukee, Wisconsin y dejó 100 muertos. En 1994, dos brotes del mismo protozoo mataron a 19 personas y enfermaron a 100 más en Las Vegas. El pánico sobre *Cryptosporidium* y *Giardia* causó una conmoción social durante dos meses en Sidney, Australia entre julio y septiembre de 1998, que acabó costando millones de dólares, aunque no hubo enfermos. Como resultado final, el servicio de tratamiento paga enormes multas por controles incompetentes y por no seguir la máxima «es mejor prevenir que lamentar».

Muchos usuarios del agua y muchos tecnólogos no son ignorantes sobre la crisis que actualmente padece el agua potable. La publicidad generada por los sucesos de Milwaukee, Las Vegas y Sidney, Australia han puesto de manifiesto ese punto flaco. El brote de *Cryptosporidium* tuvo el efecto de un tornado. Los controles de los parámetros microbiológicos volvieron a la actualidad después de haber sido desplazados en los años 70; volvió la desinfección, frente a otros métodos de tratamiento de agua más sofisticados.

De la noche a la mañana, *Cryptosporidium* y *Giardia* se convirtieron en objetivos urgentes de interés y el miedo a los carcinógenos (del radón, plomo y arsénico) desaparecieron de la cima de la agenda reguladora.

A finales de 1998, a los dos nuevos objetivos de interés, *Cryptosporidium* y *Giardia*, se unió otro, no necesariamente nuevo, pero esta vez con mayor énfasis: los subproductos aparecidos al aplicar desinfectantes, esto es, los componentes orgánicos halogenados, principalmente los trihalometanos (THM). Un resultado parcial de esta preocupación, cada vez mayor, es el resurgimiento de un proceso nuevo «tipo paquete» en la industria del agua, que se ha desarrollado a una velocidad tremenda, y es que los consumidores quieren garantías de que el agua que consumen es segura.

En un pasado no muy lejano, la determinación de si una fuente de agua para beber estaba contaminada (por ej., en Inglaterra) se hacía con un pez. Si el pez moría, el agua estaba contaminada y por tanto debía ser depurada. Las discusiones y comparaciones sobre el grado de contaminación se definían con una fórmula calculada como 100 dividido entre el tiempo de supervivencia del pez tomado en minutos. Ahora las pruebas son más complejas, pero algunas veces no son más fiables.

1.2.- LEGISLACIÓN.

La calidad del agua, es un estado de ésta, caracterizado por su composición físico-química y biológica. Este estado deberá permitir su empleo sin causar daño, para lo cual deberá reunir dos características:

1.- Estar exenta de sustancias y microorganismos que sean peligrosos para los con-



sumidores.

2.- Estar exenta de sustancias que le comuniquen sensaciones sensoriales desagradables para el consumo (color, turbiedad, olor, sabor).

El criterio de potabilidad del agua depende fundamentalmente del uso al que se la destina (humano, industrial, agrícola, etc).

Agua potable es el agua, ya sea de superficie o subterránea, tratada y el agua no tratada por no estar contaminada. La definición de agua potable se ha ido adaptando al avance del conocimiento científico y a las nuevas técnicas, en especial a las relacionadas con el análisis de contaminantes.

La mala calidad del agua afecta a infinidad de actividades vitales, es un bien tanpreciado que en la exposición de la Carta Europea del Agua comienza con "Sin agua no hay comida, no hay bebida, ni luz, ni calor, ni lluvia. ¡Sin agua no hay vida posible..."

Hasta hace unas decenas de años la calidad de un agua destinada a un abastecimiento se centraba principalmente en que el agua estuviera exenta de sabores, olores, no fuera muy dura y no contuviera bacterias patógenas, confiándose en gran medida en que el poder autodepurador de los embalses o ríos, y la protección de las zonas de captación eran suficientes para lograr una aceptable calidad que se completaría con un tratamiento simple de decantación, filtración y desinfección, así como hacer determinadas comprobaciones generalmente bacteriológicas del agua en la red, ausencias de sabores y olores y presencia de ligeras concentraciones del desinfectante empleado.

Hoy día y más aún de cara al futuro, y como consecuencia de la polución creciente y los mayores avances de la técnica y la ciencia hay que considerar además otros caracteres que inciden de forma perjudicial en la salud del consumidor (pesticidas, detergentes, subproductos de la desinfección y otras sustancias orgánicas e inorgánicas así como protozoos, virus, bacterias, etc).

La consideración legal sobre la potabilidad de un agua se apoya o se basa en fijar una serie de compuestos o sustancias y asociarlas con unos contenidos aceptables.

Actualmente el concepto legal que regula la calidad de las aguas destinadas al consumo humano en España se basa en La Directiva 98/83/CE del Consejo de 3 de Noviembre de 1998, relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano, que revisa la Directiva de 1.980 a la que se adaptó la reglamentación española mediante el Real Decreto 1138/1990 por el que se aprobó la Reglamentación Técnico-Sanitaria para el abastecimiento y control de calidad de las aguas potables de consumo público.

En general las normativas entienden como agua potable aquella que cumple una serie de caracteres organolépticos, físico-químicos, relativos a sustancias no desea-



bles, relativos a sustancias tóxicas, microbiológicas y de radiactividad. Estableciéndose unos valores máximos admisibles para una serie de parámetros.

Estos valores máximos corresponden a la mínima calidad admisible en el agua potable.

La Directiva europea, se centra en el cumplimiento de unos parámetros de calidad y salubridad y ofrece a la vez la posibilidad a los Estados Miembros de añadir otros parámetros, si lo consideran oportuno. Esta Directiva, tiene por objeto (art.1) proteger la salud de las personas de los efectos adversos derivados de cualquier tipo de contaminación de las aguas destinadas al consumo humano, garantizando su salubridad y limpieza.

En otro de los artículos de la Directiva se establece que las aguas destinadas al consumo humano deben ser "salubres y limpias". Se deduce por tanto que el "agua salubre y limpia" es el nuevo concepto de agua potable.

Para la Directiva las aguas son salubres y limpias, cuando no contienen ningún tipo de microorganismo, parásito o sustancia, en una cantidad o concentración que pueda suponer un peligro para la salud humana, y cumple con unas requisitos mínimos en cuanto a parámetros microbiológicos y químicos que especifica .

Los principales puntos de vista seguidos por la Comisión Directiva han sido:

- Revisar los valores paramétricos de acuerdo con los últimos conocimientos científicos.
- Aumentar la transparencia en cuanto a información hacia los consumidores.
- Eliminar algunos parámetros de la anterior Directiva y crear otros nuevos.

Los Estados Miembros tienen dos años (hasta diciembre de 2000) para trasladar la Directiva a su legislación nacional y cinco años (hasta diciembre de 2003) para asegurar que el agua potable cumple con los estándares fijados, excepto para los bromatos (10 años), plomo (15 años) y trihalometanos (10 años). La transposición de la Directiva 98/83/CE a la reglamentación española se recoge en el "Real Decreto 140/2003 por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano".(VER ANEXO AL FINAL).

El agua del grifo no cae simplemente del cielo, hasta llegar a él es necesario disponer de todo un sistema de abastecimiento en el que juegan un papel fundamental las instalaciones de tratamiento, es decir, recorren un camino lleno de controles, vigilancia, procesos y análisis.

El análisis del agua en su origen, nos proporciona los primeros datos respecto a su calidad, orientándonos en la selección de su captación y facilitando el tratamiento que hemos de aplicarle posteriormente.

Un agua potable destinada al consumo humano, debe cumplir ante todo con una calidad sanitaria apta, tanto inmediatamente después de su proceso de tratamiento,



como presentar una estabilidad biológica en la red de distribución.

eoi

2. PRETRATAMIENTOS

2.1.- INTRODUCCIÓN

Antes de proceder al tratamiento de las aguas brutas, en busca de una calidad ajustada a las necesidades del usuario, estas aguas se someten, en general, a un pretratamiento que comprende un cierto número de operaciones físicas y mecánicas. Los pretratamientos tienen por objeto separar del agua la mayor cantidad posible de las materias que, por su naturaleza o tamaño, son motivo de problemas en los tratamientos posteriores.

Las operaciones de pretratamiento pueden incluir una o varias de las operaciones siguientes:

- Desbaste
- Tamizado
- Dilaceración
- Desarenado
- Desaceitado y desengrase.

De entre estas operaciones algunas son propias del tratamiento de aguas residuales y raramente se emplean en el tratamiento de aguas potables. Este es el caso de la dilaceración o del desengrasado, y por ello no serán descritas con detalle. Otras, en cambio, aún siendo más frecuentes en aguas residuales, también se emplean con cierta frecuencia en aguas potables, como es el caso del desarenado.

Se hace omisión expresa del tratamiento de los residuos de estas operaciones, puesto que el problema se plantea en un orden de dimensión mucho más elevado en las plantas de tratamiento de aguas residuales, donde se tratará este problema con la amplitud necesaria.

2.2 DESBASTE

Las operaciones de desbaste tienen como objetivo:

- Proteger a la planta de tratamiento de la posible llegada intempestiva de grandes objetos capaces de provocar obstrucciones en las distintas unidades de la instalación.
- Separar y evacuar fácilmente las materias voluminosas arrastradas por el agua bruta, que podrían disminuir la eficacia de los tratamientos siguientes, o complicar la realización de los mismos.

La operación de desbaste se lleva a cabo exclusivamente a base de rejillas, que retienen estos objetos, generalmente flotantes, cuya presencia se desea evitar. Pueden distinguirse:

- Desbaste fino, de separación entre barrotes de la rejilla comprendida entre 3 y

10 mm.

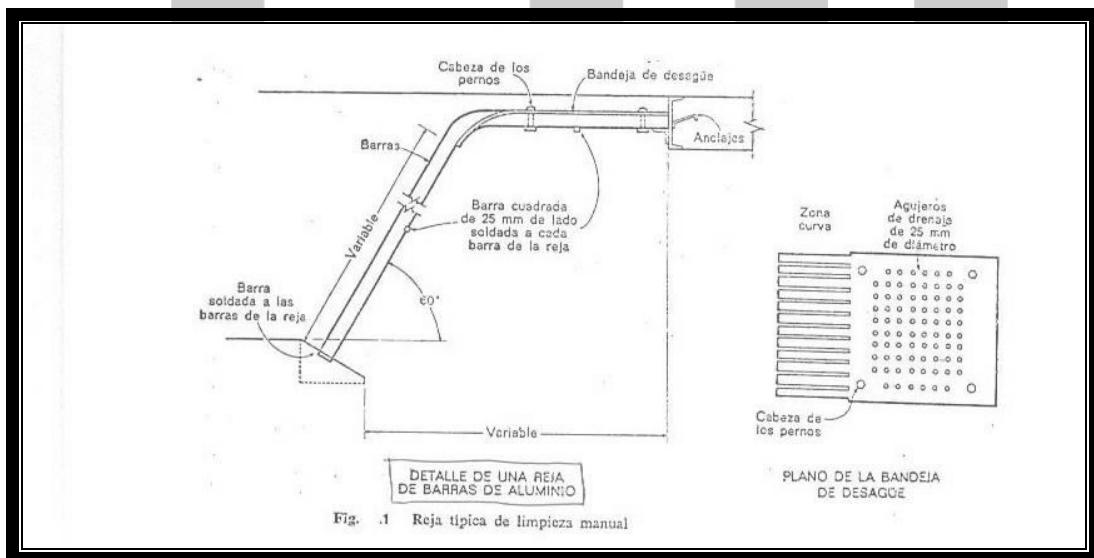
- Desbaste medio, de separación entre barrotes de la reja comprendida entre 10 y 25 mm.
- Predesbaste, con una separación entre barrotes de 50 a 100 mm.

Las rejas utilizadas en las operaciones de desbaste, al ir reteniendo los objetos de grandes dimensiones, se atascan progresivamente. Por ello, es necesario proceder de forma periódica a su limpieza. Esta limpieza puede ser manual o automática. Una reja de limpieza automática (rejas mecánicas) se protege normalmente con una reja de predesbaste.

2.2.1. Rejas manuales.

Las rejas manuales están constituidas por acero, en ocasiones verticales, pero más frecuentemente con una inclinación sobre la vertical de 15 a 40°.

La longitud de una reja manual no debe exceder de la que pueda rastrillarse fácilmente a mano. Los barrotes de la reja no serán menores de 1 cm. de anchura por 5 cm. de profundidad y van soldados a unas barras de separación situadas en la cara posterior, fuera de recorrido de las púas del rastrillo de limpieza manual. Encima de la reja suele colocarse una placa perforada para que los objetos rastrillados puedan almacenarse temporalmente hasta su evacuación. En la figura se muestra una reja de limpieza manual típica.

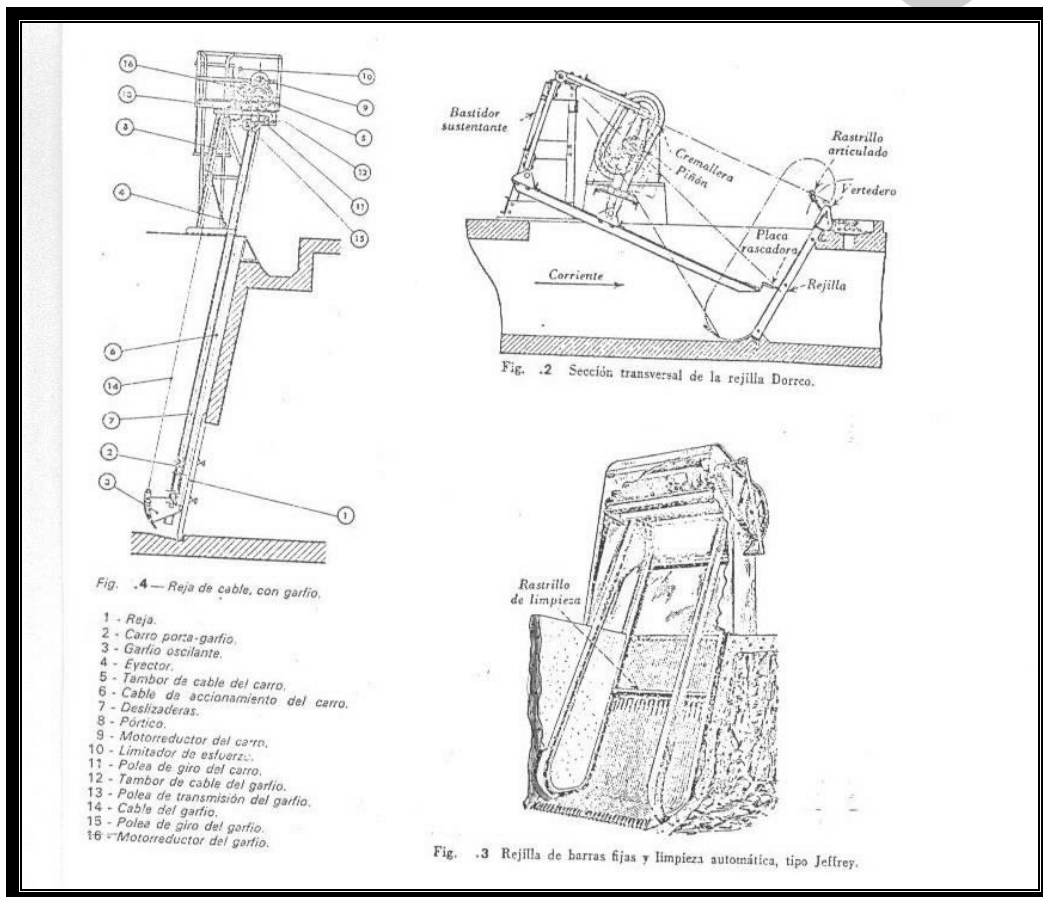


El canal donde se ubica la reja debe proyectarse de modo que se evite la acumulación de arena y otros materiales pesados en sus cercanías. La velocidad de aproximación del agua a la reja, es recomendable, se aproxime a unas velocidades medias de 0,45 m/s.

2.2.2. Rejas de limpieza automática.

En las rejas mecánicas, la limpieza se realiza mediante un elemento movido por un motor que tras desbrozar la rejilla deposita los residuos en un lugar previsto para este fin, tal como recipientes, vagonetas, cintas transportadoras, etc.

El mecanismo de limpieza de las rejas mecánicas puede actuar de forma continua o intermitente. El sistema de funcionamiento intermitente puede realizarse mediante temporizador, que ordena una limpieza cada cierto periodo de tiempo (por ejemplo, cada 15 min.) o mediante un automatismo que se ponga en marcha cuando la pérdida de carga, a través de la reja, alcanza un valor predeterminado.



2.3. TAMIZADO.

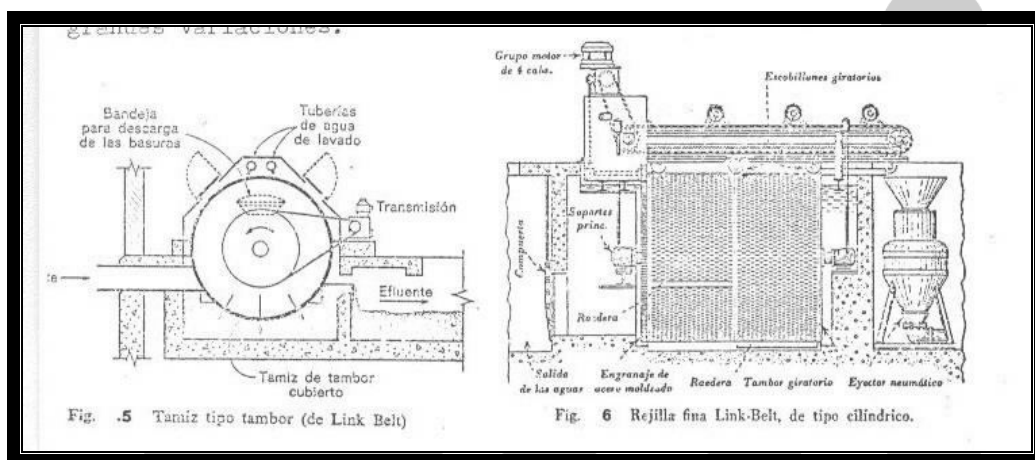
El tamizado puede considerarse como una filtración sobre soporte delgado, que se utiliza en numerosos campos del tratamiento del agua. Según la dimensión de los orificios de paso se distinguen dos variantes:

- El macrotamizado, con orificios superiores a 0,3 mm., se emplea para rete-

ner ciertas materias en suspensión, flotantes o semiflotantes, residuos vegetales o animales, insectos, ramas, algas, hierbas, etc., de tamaño comprendido entre 0,2 mm y algunos milímetros.

— El microtamizado, con malla inferior a 100 micras, que se utiliza para retener materias en suspensión de muy pequeñas dimensiones, contenidas en el agua de abastecimiento (plancton) o en aguas residuales pretratadas.

2.3.1 Tamices rotatorios.



2.3.2. Tamices fijos con rasquetas.

En estos tamices la limpieza se realiza en forma análoga a las rejillas sin más que sustituir el rastrillo de éstas por un cepillo.

2.3.3 Tamices de autolimpieza.

Los tamices de autolimpieza denominados estáticos, llevan una reja constituida por barras horizontales, rectas o curvadas, de sección triangular. El agua se distribuye en la parte superior de la reja, cuya inclinación sobre la horizontal disminuye progresivamente de arriba a abajo, entre 65° y 45°, aproximadamente. Se tienen así, sucesivamente, los efectos de separación, escurrido y evacuación de las materias sólidas.

Los tamices de autolimpieza denominados rotatorios llevan una reja cilíndrica de eje horizontal, constituida por barras de acero inoxidable de sección trapezoidal la cual gira lentamente. Las materias retenidas en la reja se recuperan por medio de un rascador fijo y se evacúan. Estos tamices tratan caudales entre 10 y 1000 m³/hora y la pérdida de carga es elevada (del orden de 2m).

2.4 DESARENADO.

El desarenado tiene por objeto extraer del agua bruta la grava, arena y partículas minerales más o menos finas, con el fin de evitar que se produzcan sedimentos en los canales y conducciones, para proteger las bombas y otros aparatos de la abrasión, así como para evitar sobrecargas en las siguientes fases de tratamiento.

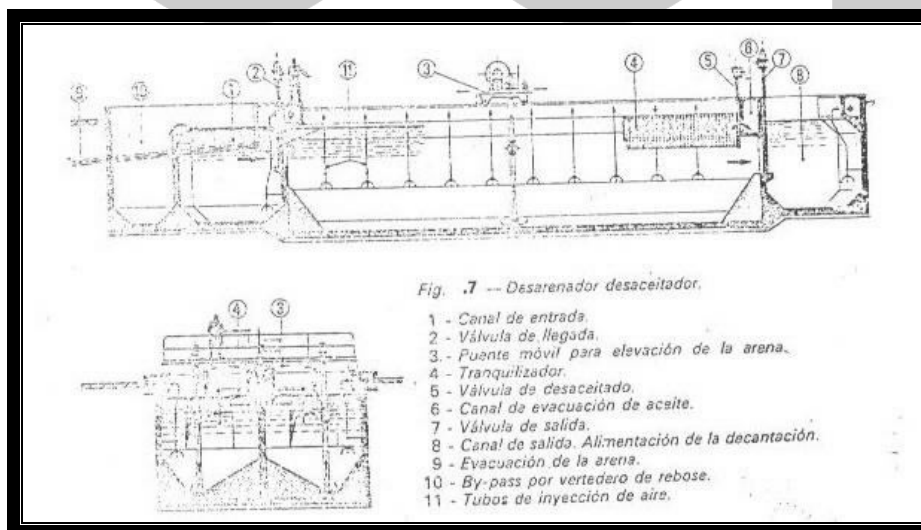
En el desarenado se pretende eliminar las partículas superiores a 200 micras. Las granulometrías inferiores corresponden a los procesos de pre-decantación y decantación.

Los desarenadores empleados en tratamientos de agua potable son generalmente rectangulares de tipo canal. Se trata simplemente de un canal donde la velocidad del agua se reduce, propiciando de esta forma la sedimentación de las partículas granulares.

La arena puede separarse también mediante un ciclón pero hay peligro de desgaste de las bombas por abrasión. Con los hidrociclones se obtiene un excelente desarenado con arenas de 100 a 500 micras, pero crean una pérdida de carga bastante fuerte ($> 0,50m$).

En aguas residuales, además del tipo canal comentado, se emplean desarenadores circulares, con alimentación tangencial y agitación mecánica y desarenadores rectangulares aireados, ya que el problema fundamental de éstas consiste en separar la arena con un contenido mínimo de materias orgánicas.

El proceso de desarenado, en aguas potables, se sitúa, frecuentemente, en la captación, siendo poco frecuente que se sitúe en la estación de tratamiento. La extracción de la arena se efectúa, por regla general, de forma automática, de alguna de las siguientes formas:



- Por un conjunto de emulsores de aire
- Por barrido, con cadenas sin fin o puente de rasquetas
- Directamente por una bomba aspirante, montada sobre un puente móvil.

2.5 PREDECANTACIÓN.

La predecantación es una operación que se efectúa, antes de la clarificación, con aguas muy cargadas. Tiene por objeto eliminar la totalidad de la arena fina y la mayor cantidad posible de barro.

El umbral de concentración de materias en suspensión del agua bruta, a partir de la cual se hace necesaria la predecantación, es función del tipo de decantador-clarificador principal. Este umbral se encuentra entre las 2.000 y las 10.000 ppm.

Según la carga de materias en suspensión y su naturaleza, un predecantador debe dimensionarse como un decantador (aguas brutas cuya carga no excede de los 20 a 30 g/l o como un espesador (cargas de materia superiores).

Cuando los predecantadores trabajan como decantadores, su carga superficial varía de 2 a 6 m³/m²/hora y su tiempo de retención entre 1 y 2 horas. Cuando estos trabajan como espesadores es menor la carga superficial (0,50 a 2 m³/m²/hora) y el tiempo de retención se encuentra comprendido entre 2 y 5 horas.

El estudio de los predecantadores exige un conocimiento preciso de los volúmenes de fangos producidos en los periodos críticos, así como de las posibilidades de compresión de dichos fangos.

2.6 DESACEITADO Y DESENGRASE.

El desaceitado es una operación de separación líquido-líquido, en tanto que el desengrase es una operación de separación sólido-líquido (siempre que la temperatura del agua sea lo suficientemente baja como para permitir la coagulación de las grasas).

Los aceites y grasas, generalmente más ligeros que el agua, tienden a subir a la superficie. Por ello, todo dispositivo en el que se reduzca la velocidad del flujo, y que ofrezca una superficie tranquila, actúa como separador de grasa y aceite. Sin embargo, es frecuente acelerar el proceso natural de flotación insuflando aire que, en su ascensión, arrastra las partículas de grasa hacia la superficie.

La recogida en superficie puede efectuarse por vertido, arrastre con cinta sin fin y rascado, entre otros.

2.7 EUTROFIZACIÓN

Es el desarrollo excesivo de algas en el interior de un embalse como consecuencia del aporte de sustancias favorables para su desarrollo.

Las algas microscópicas, como vegetales que son, obtienen la energía necesaria para su vida de la luz solar. Para su desarrollo necesitan sustancias orgánicas, además de CO₂, compuestos de nitrógeno y fósforo que obtienen del agua. Estas sustancias, que llamamos nutrientes son las que regulan su crecimiento. El límite para su desarrollo es fundamentalmente el fósforo.

El carbono y el nitrógeno, lo pueden obtener del aire (si se acabara el N de los compuestos inorgánicos nitrogenados disueltos que llegan a un embalse, algunas algas son capaces de obtener N del aire) por el contrario el fósforo que es imprescindible para su desarrollo, como sucede en los seres vivos solo lo pueden obtener del que haya disuelto en el agua y que a su vez proviene de los contaminantes vertidos de diverso origen.

Si en un embalse existen nutrientes, el desarrollo de las algas es bastante probable, ya que el otro factor necesario que es la luz, se da por supuesto hasta determinadas profundidades.

El fenómeno de crecimiento de las algas en un embalse es en cierto modo el inverso de la depuración biológica de un agua residual. En esta depuración se tiende a que la materia orgánica pase a ser inorgánica, en el caso de las algas, para su desarrollo, parten de sustancias inorgánicas dando lugar a la formación de masas orgánicas, que son sus propios cuerpos. Por tanto si a un agua residual que va posteriormente a un embalse no se ha eliminado el fósforo, nos exponemos a que parte de la materia orgánica que se eliminó con la depuración sea formada de nuevo por las algas, por otra parte cuando las algas agotan los nutrientes de las capas superficiales, detienen su crecimiento, llegando a precipitarse hacia el fondo donde se descomponen y agotan el oxígeno de las capas más profundas.

Las algas pueden originar en el mejor de los casos atascamiento de los filtros y en el peor malos olores y sabores y determinadas especies como las cianobacterias, pueden originar toxinas perjudiciales para la salud humana.

2.7.1 Ciclos Térmicos de un Embalse (Estratificación y mezcla)

La composición de las aguas en cuanto a características físico-químicas y biológicas en los embalses y lagos no es homogénea, es decir, no están perfectamente mezclados sino que existen gradientes horizontales y sobre todo verticales (estratificación) motivadas por las diferentes temperaturas del agua, según las estaciones del año, de forma que unas veces está estratificado térmicamente y otras está en circulación. Las diferentes temperaturas ocasionan distintas densidades (máxima a 4° C).

La capa superior o epilimnión, fría en invierno y caliente en verano, protege o cubre

a una capa más profunda, el hipolimnión, cuya temperatura es casi constante todo el año. En el intermedio de ambas zonas, existe una capa más estrecha, la termoclina, que está sometida a unos importantes cambios térmicos, correspondiéndole por tanto un importante gradiente de densidad motivado por el gradiente vertical de temperaturas y es esta capa la que aísla o dificulta la interacción entre las capas superficial y profunda.

El ciclo térmico que tiene lugar es un embalse o lago templado, puede empezar al considerarse la época fría, en la que el agua a temperaturas próxima a 4° C (densidad máxima) tiende a hundirse removiéndose a la masa de agua, favorecido por la acción del viento.

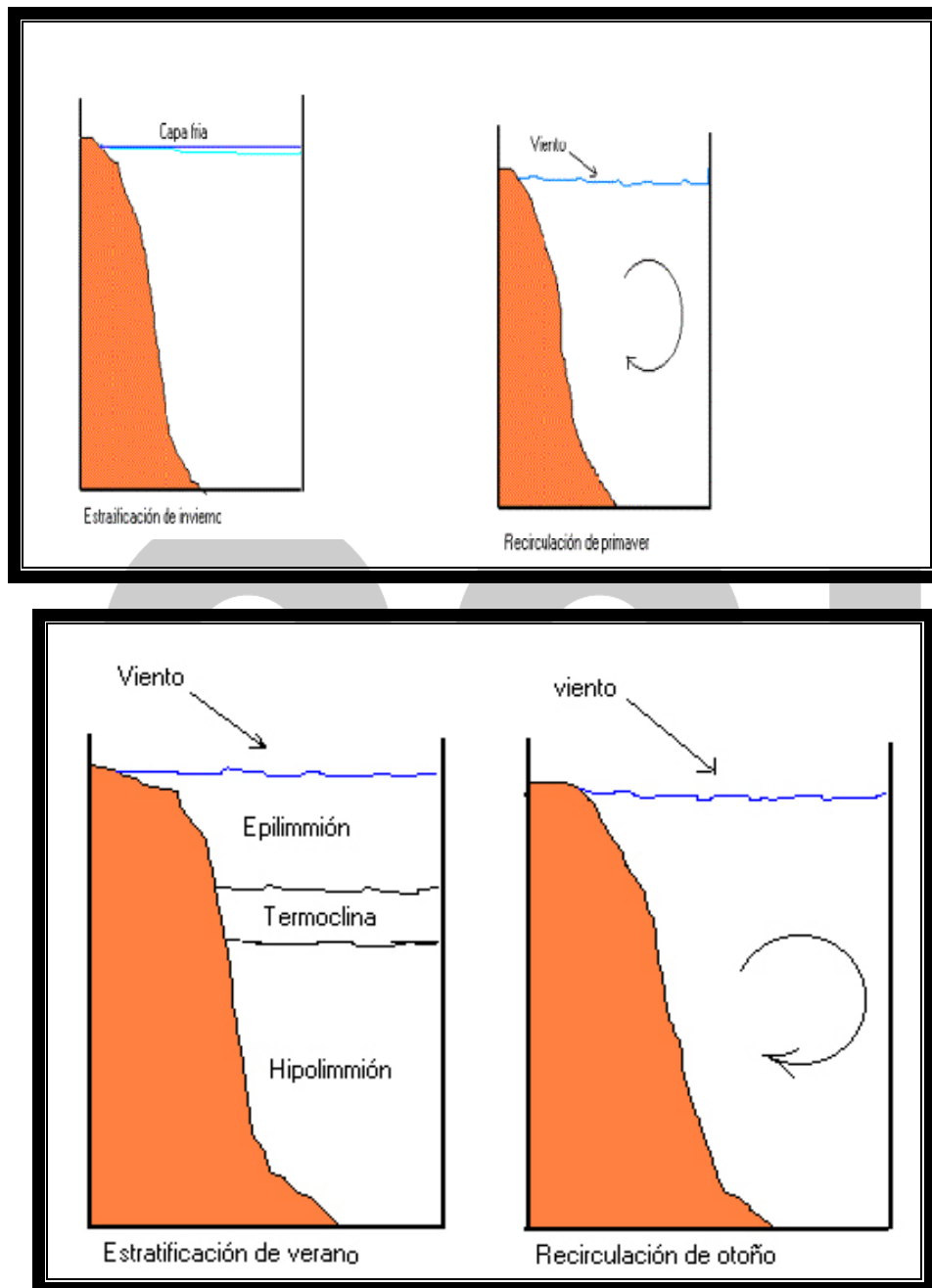
En los embalses y lagos templados durante el invierno, las diferencias de temperatura que existen entre las aguas profundas y las de la superficie no suelen ser suficientes para impedir su mezcla, por lo que en estas condiciones la distribución vertical de diferentes características o propiedades del agua se hacen más uniformes, por ejemplo las concentraciones de oxígeno y otros elementos nutrientes.

Al ir aumentando las temperaturas por avance de la época del año, las capas superiores se calientan, disminuyen su densidad y flotan sobre la masa de agua más profunda y fría, lo que ocasiona cierta estabilidad. El calor ambiente va calentando la capa superficial y a su vez se va propagando hacia el interior y el agua se mezcla en superficie, ayudada por el viento, uniformizándose las propiedades del agua en un determinado espesor de la capa superior (epilimnión).

A medida que el espesor de esta capa se va haciendo mayor, el gradiente térmico de la parte inferior de esta capa va aumentando por incorporarse a esta parte inferior capas más profundas y frías; este aumento del espesor del epilimnión origina que la distancia hasta la superficie (por donde entra la energía) sea cada vez mayor, provocando que el proceso de crecimiento del espesor de la capa sea cada vez más lento e incluso llega a detenerse, quedando la termoclina a una distancia que dependerá de la intensidad de la radiación solar y del viento.

Al llegar el otoño e ir enfriándose las capas superiores, la densidad de esta agua aumenta y se hundirá hasta la zona que le corresponda por densidad, pudiendo destruirse en pocos días la capa intermedia, (termoclina), que había tardado meses en formarse.

En los esquemas siguientes se muestran estos ciclos:



Hay que señalar que este ciclo anual de mezcla y estratificación térmica, va acompañado por cambios en la concentración de nutrientes, lo que provoca el aumento del fitoplancton durante la primavera y a veces en las aguas templadas, también en otoño. Las bajas temperaturas e intensidad de la luz, limita este crecimiento en invierno. Como casos extremos, en los lagos polares, no existe termoclina, siendo en verano cuando el crecimiento de fitoplancton es mayor, y en los lugares tropicales la termoclina existe casi permanentemente, aunque en general en estos lagos suelen existir varios patrones de estratificación.

3. COAGULACIÓN-FLOCULACIÓN-DECANTACIÓN

3.1. INTRODUCCIÓN

La pequeña dimensión de las partículas coloidales presentes en el agua, así como la existencia de cargas negativas repartidas en su superficie, dan lugar a una gran estabilidad de las suspensiones coloidales.

Así pues las suspensiones coloidales no son capaces de sedimentar en un tiempo razonable. La capacidad para permanecer en suspensión durante un largo tiempo es función tanto del tamaño como del peso específico. La tabla siguiente pone de manifiesto la importancia del tamaño ya que en ella se indican los tiempos que unas esferas de densidad 2,65 gr/l necesitarían para sedimentar 30 cm. Se puede observar que las velocidades de sedimentación de la materia coloidal son tan lentas, que es prácticamente imposible separarla del agua por sedimentación.

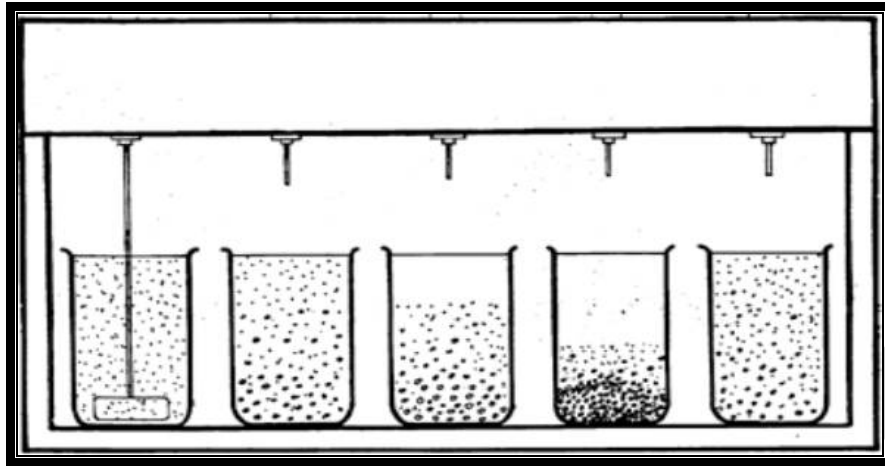
Diámetros mm	Tamaño	Área	Tiempo
10	Grava	3,142 cm ²	0,3 seg
1	Arena gruesa	31,42 cm ²	3 seg
0,1	Arena Fina	314,2 cm ²	38 seg
0,01	Limo	0,31 m ²	33 min
0,001	Bacterias	3,14 m ²	55 h
0,0001	Partículas Coloidales	3,17 m ²	230 días

Ante esta circunstancia, se hace necesario realizar las siguientes operaciones:

1º Desestabilizar las partículas coloidales especialmente por la neutralización de sus cargas fenómeno conocido con el nombre de coagulación.

2º Facilitar la unión entre partículas formando agregados de mayor volumen - flóculos- cuya velocidad de sedimentación es más elevada. Este fenómeno de agregación de partículas se conoce con el nombre de floculación.

3º Conseguir la eliminación de las partículas floculadas. Cuando esta se produce por sedimentación, proceso se conoce con el nombre de decantación.

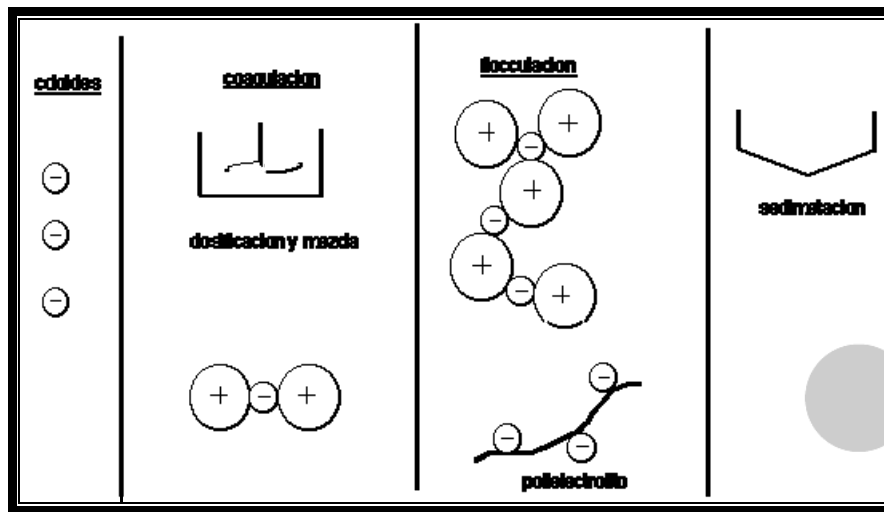


Por diversas causas, puede ser necesario someter al agua a tratamientos que puedan tener como finalidad la eliminación de organismos patógenos, olores o sabores desagradables, color o turbidez excesivos, ciertos minerales disueltos y un conjunto de productos químicos que pueden ser desagradables o potencialmente peligrosos. El agua tratada debe ser adecuada para usos generales, doméstico e industrial o puede tener una calidad superior, tal como la necesaria para su empleo en generadores de vapor de media y alta presión, elaboración de productos alimenticios y bebidas y otros usos industriales especializados.

Las aguas naturales contienen sustancias tanto disueltas como en suspensión, ambas pueden ser orgánicas e inorgánicas. Las materias en suspensión pueden tener un tamaño y densidad tal que pueden eliminarse del agua por simple sedimentación, pero algunas partículas son de un tamaño tan pequeño y tienen una carga eléctrica superficial que las hace repelerse continuamente, impidiendo su aglomeración y formación de una partícula más pesada y poder así sedimentar. Estas partículas, con una dimensión que suele estar comprendida entre 1μ y $0,2\mu$, son verdaderas partículas coloidales.

Los coloides generalmente son estables en solución al predominar los factores estabilizantes sobre los desestabilizantes. Los factores estabilizantes son aquellas fuerzas que provocan repulsión entre las partículas como son las fuerzas electrostáticas y la propia hidratación. Los factores desestabilizantes son por el contrario las fuerzas de atracción que dan lugar a la unión, entre estas figuran el movimiento Browniano, las fuerzas de Van der Waals y también en menor grado las fuerzas de gravedad. La coagulación es por tanto el proceso de desestabilización de las partículas coloidales con objeto de anular o disminuir las fuerzas de repulsión.

La coagulación en el proceso de tratamiento del agua tiene por objeto agrupar estas partículas dispersas en el agua en otras más voluminosas y pesadas que puedan ser separadas más fácilmente del agua.



La neutralización de la carga eléctrica del coloide, objeto de la coagulación, se realiza aplicando al agua determinadas sales de aluminio o hierro (coagulantes); generalmente se aplica sulfato de aluminio, de forma que los cationes trivalentes de aluminio o hierro neutralizan las cargas eléctricas negativas que suelen rodear a las partículas coloidales dispersas en el agua. Las reacciones de coagulación son muy rápidas duran fracciones de segundo desde que se ponen en contacto las partículas con el coagulante.

El carácter y grado del tratamiento necesarios dependerán de la naturaleza del agua, la que, a su vez, dependerá en gran medida, de su origen. Las aguas superficiales es fácil que presenten contaminaciones peligrosas y que sean más o menos turbias, lo que hará necesaria la coagulación, sedimentación, filtración y desinfección. Algunas poblaciones que obtienen agua relativamente clara de lagos o embalses, confían el tratamiento únicamente a la desinfección, aunque esto no ofrece toda la seguridad que sería deseable, y que se consigue añadiendo una filtración.

Las aguas subterráneas son ordinariamente limpias, por lo que, en general, no necesitan filtración a menos que se hayan formado precipitados por otros procesos. Sin embargo, la filtración es deseable que siga a las operaciones de ablandamiento con cal, o eliminación de hierro y manganeso; ambas pueden ser necesarias para producir un suministro de alta calidad a partir de aguas subterráneas.

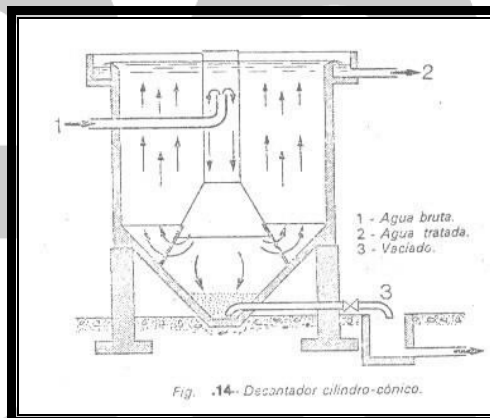
El ablandamiento suele realizarse, también, con aguas superficiales. Los problemas de olores y sabores pueden presentarse tanto en éstas como en las subterráneas, en las primeras como consecuencia de contaminación orgánica y en las últimas debido al alto contenido en metales o por anhídrido sulfuroso disuelto.

3.2. TRATAMIENTO DEL AGUA. CLARIFICACIÓN

La sedimentación de partículas esféricas discretas puede describirse por medio de la ley de Newton. Las partículas contenidas en el agua prepotable no tienen forma

esférica. Cuando las velocidades de sedimentación son bajas, el efecto de la forma irregular de las partículas no es importante y la mayoría de sistemas de sedimentación están proyectadas para eliminar partículas de tamaño y velocidad de sedimentación pequeños. Las partículas de gran tamaño, las cuales sedimentan a mayores velocidades, serán eliminadas en cualquier caso, sigan o no las leyes de Stokes o Newton.

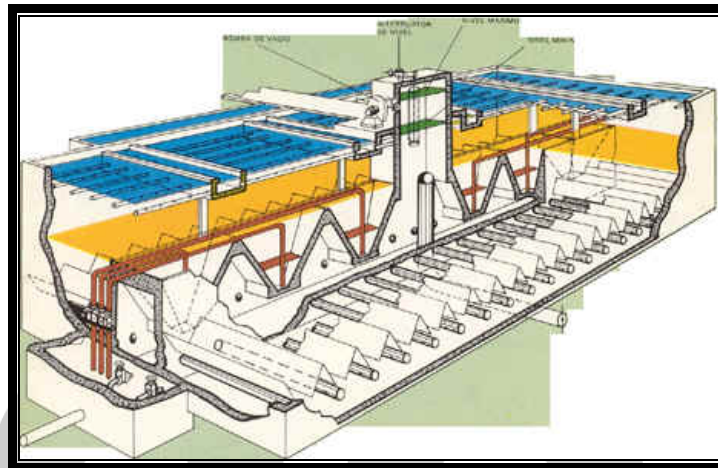
El diseño de los tanques de sedimentación se basa, generalmente, en el concepto del tanque ideal. Toda partícula que entra al tanque tiene una velocidad horizontal igual a la del líquido y una vertical igual a la velocidad final de sedimentación definida por la ley de Stokes o de Newton. Para que la partícula pueda ser eliminada, sus velocidades de sedimentación y horizontal deben ser tales que su resultante, la conduzca al fondo del tanque antes de alcanzar la denominada zona de salida. Si una partícula que entra en el tanque por su parte superior es eliminada, todas aquellas que tengan la misma velocidad de sedimentación serán igualmente eliminadas.



El análisis precedente indica que, para el caso de sedimentación de partículas discretas, la única variable que importa es el área superficial del tanque. Esta conclusión técnica, sin embargo, está sujeta en la práctica, a modificaciones por causa de las corrientes inducidas por el viento, formación de cortocircuitos y la dificultad de conseguir una distribución uniforme del caudal. En la práctica, los tanques de sedimentación tienen unas profundidades que varían desde más de 3 metros a menos de 6 m. La profundidad se tiene en cuenta al especificar *el tiempo de retención* del agua en el tanque, el cual se define por el cociente entre el volumen de éste y el caudal. Una vez fijado la carga de superficie y el tiempo de retención, el área superficial del tanque y su volumen se obtienen automáticamente y, a partir de ellos, se establece la profundidad.

Es posible conseguir una mejor utilización del volumen del tanque, a base de subdividirlo verticalmente mediante el empleo de bandejas horizontales. Si, por ejemplo, en el tanque, se colocara una bandeja horizontal desde se eliminarían las partículas de menor velocidad de sedimentación. Una disposición de este tipo tiene el efecto de aumentar el área superficial del tanque y reducir la carga de superficie. Aunque no se suelen construir tanques que incorporen bandejas horizontales, existen en el

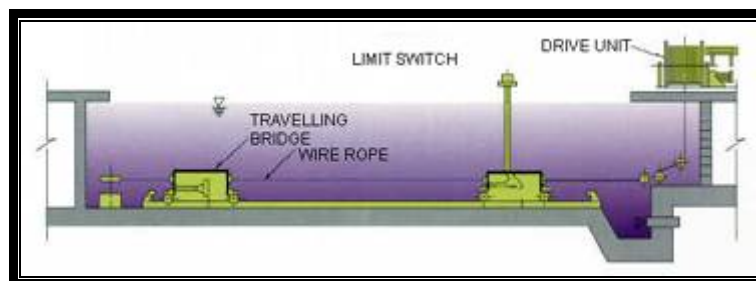
mercado unos sistemas patentados, tales como el sedimentador de celdas inclinadas o el de lamelas que utilizan el mismo principio. Estos sistemas permiten una utilización más efectiva de los tanques clarificadores existentes, así como el diseño de unidades que son capaces de trabajar a cargas mucho mayores.



3.3. VELOCIDAD DE ARRASTRE

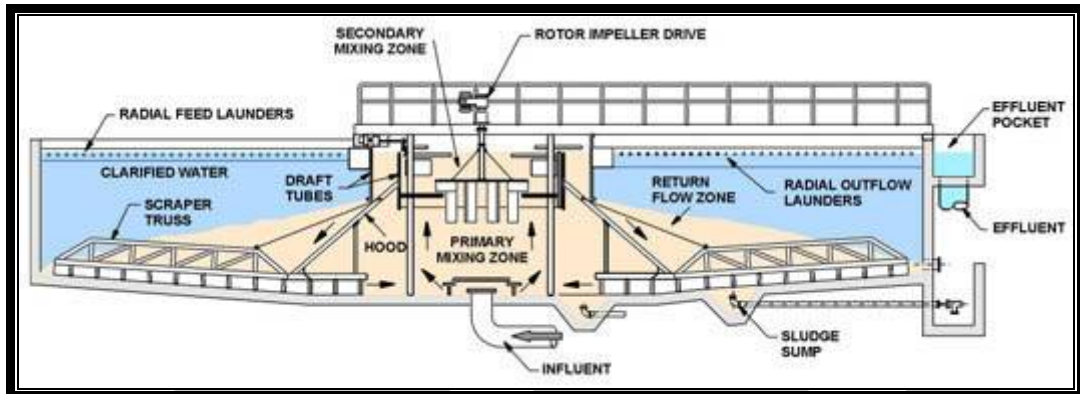
La velocidad horizontal de circulación en los tanques de sedimentación ha de limitarse a un valor inferior a aquel que produzca el arrastre de las partículas depositadas en el fondo. En la mayoría de los tanques de sedimentación, la velocidad horizontal es bastante más pequeña que la de arrastre. En los decantadores la velocidad de arrastre es un parámetro de diseño importante.

Los tanques de sedimentación pueden ser rectangulares, circulares o cuadrados. *Los tanques rectangulares* utilizan una disposición de flujo horizontal a lo largo del eje longitudinal de aquéllos. Este tipo de flujo contribuye a minimizar el efecto de las perturbaciones que se producen en las zonas de entrada y salida. Los equipos de extracción de fangos consisten en unos rascadores horizontales que los arrastran hasta unas pocetas situadas en el extremo del tanque desde donde son extraídos, de forma intermitente o continua.



En los *tanques circulares* la entrada del agua puede hacerse por la periferia, como se indica, o por el centro según. Unos estudios llevados a cabo recientemente, han demostrado que el tiempo medio de detención es mayor en los tanques de alimen-

tación periférica. Los equipos mecánicos consisten, generalmente, en unos rascadores montados en puentes radiales, de manera que al girar éstos, el fango es arrastrado, siguiendo una trayectoria en espiral, hacia la poceta central desde donde se extrae por gravedad. Para los fangos muy ligeros, se emplean unos dispositivos que utilizan el vacío para su extracción.



A fin de asegurar un rendimiento adecuado de los tanques es preciso realizar un diseño muy cuidado de los sistemas de entrada y salida del agua. La entrada ideal debe reducir la velocidad para evitar corrientes preferenciales hacia la zona de salida, de distribuir el agua lo más uniformemente posible, a lo ancho y en profundidad del tanque, y mezclarla con el agua existente en éste con el fin de evitar las corrientes de densidad. Para asegurar una distribución uniforme, la pérdida de carga en las aberturas deberá ser grande en relación con la diferencia de carga disponible en las mismas.

Las salidas consisten, generalmente, en unos vertederos de caída libre que descargan sobre unos canales de recogida. Las cargas sobre vertedero están limitadas para evitar que existan velocidades de aproximación elevadas. Estas cargas suelen expresarse en términos de caudal por día por unidad de longitud de vertedero, lo cual permite calcular directamente, la longitud de vertedero necesaria. Las salidas deben colocarse lo más alejadas posible de las entradas, es decir en el extremo opuesto en los tanques rectangulares y en la periferia cuando la alimentación es central o en el centro y radialmente cuando la alimentación es periférica, en los tanques circulares. Los vertederos pueden ocupar una fracción importante de la superficie del tanque. Los vertederos suelen consistir en unas entalladuras en y, de unos 50 mm de altura y colocadas a distancias de 300 mm entre ejes.

3.4. PRESEDIMENTACIÓN

Algunas ciudades captan agua de ríos que tienen turbideces muy altas en algunos momentos. El Llobregat, sus afluentes y algunos ríos del sudoeste, pueden alcanzar turbideces temporales de 10.000 a 40.000 mg/l. La mayor parte de esta materia en suspensión es de tamaño relativamente grande que sedimenta rápidamente sin necesidad de tratamiento químico. Además, es importante evitar la entrada de tan

altas concentraciones de sólidos en los sistemas de coagulación y filtración, puesto que originarían sobrecargas en los mismos. Es por ello, que algunas ciudades utilizan una sedimentación previa antes de coagulación a base de tiempos de retención comprendidos entre 3 y 8 horas.

3.5. COAGULANTES

Una gran parte de las partículas en suspensión del agua es de tamaño tan pequeño, que su eliminación en los tanques de sedimentación es imposible empleando unos valores razonables de carga de superficie y tiempos de retención.

Las *partículas coloidales*, debido a su reducido tamaño, tienen una relación superficie/volumen muy alta. Por ejemplo, 1 cm³ de un material cualquiera, dividido en cubos de 0,1 mm de lado, tiene un área de 0,06 m² mientras que si se divide en cubos de 0,1 micra de lado (valor medio del intervalo de tamaño de las partículas coloidales) su área será 600 m². Como consecuencia de esta área tan enorme, hay un predominio de fenómenos químicos de superficie, dando lugar a la absorción y a una tendencia de otras sustancias a acumularse en la superficie de la partícula. Las cargas eléctricas de las partículas son el resultado de una adsorción preferencial o una ionización de grupos químicos en su superficie. La mayoría de las partículas coloidales contenidas en las aguas tienen carga negativa. La capa estacionaria con carga eléctrica de la superficie está rodeada por una película de agua ligada a la misma, en la cual los iones de signo eléctrico procedentes del medio acuoso dan lugar a una caída brusca del potencial. Esta caída dentro de la capa de agua ligada se denomina potencial de Stern. Existe una caída del potencial más gradual y que se denomina potencial zeta, la cual tiene lugar entre el plano de cizalladura de la capa anterior y el punto de neutralidad eléctrica dentro de la disolución.

La carga eléctrica de la superficie de las partículas coloidales es el factor que contribuye, en mayor medida, a su estabilidad a largo plazo, ya que las partículas que tengan tendencia a sedimentar o a formar aglomerados, son repelidas mutuamente por sus cargas eléctricas. La *coagulación* es una técnica química cuyo objetivo es la desestabilización de las partículas coloidales. La *floculación* es una técnica de mezclado lento que induce la formación de aglomerados de partículas desestabilizadas. Aunque pueden aplicarse otras técnicas distintas, la coagulación de aguas generalmente suele incluir la adición de productos químicos del tipo de electrólitos hidrolizantes o polímeros. La acción de los coagulantes metálicos es compleja, comprendiendo la disolución de la sal (la cual es capaz de reducir el potencial zeta al alterar la concentración de iones en la capa ligada), la formación de compuestos hidróxidos complejos del metal que pueden tener cargas muy elevadas y el atrapamiento de partículas individuales en el precipitado químico formado. Los procesos que tienen lugar son muy complejos.

La hidrólisis de las sales de hierro es algo distinta de la del aluminio, aunque da lugar a la formación de formas poliméricas similares. El efecto neto de la adición de un coagulante metálico parece ser la formación de partículas de gran tamaño, insolubles y de carga positiva y la producción de ión hidrógeno libre a partir del agua

que interviene en la hidrólisis.

Las especies poliméricas formadas y la efectividad de la coagulación dependen del pH y de la cantidad de coagulante que se aplique. Para cualquier agua existe un intervalo de pH y una dosis de coagulante óptimos. Por medio de ensayos de laboratorio tipo *jar-test*, es posible obtener curvas. En la práctica el control de la coagulación se realiza por medio de estos ensayos.

Los productos químicos que se utilizan normalmente en la coagulación son la alúmina (sulfato de aluminio), cloruro férrico, aluminato de sodio, sulfato ferroso y cal. La elección de uno u otro es función de la relación entre su coste y su efectividad. La alúmina es, con mucho, el coagulante de uso más extendido.

La mayor parte de los coagulantes metálicos reaccionan con el agua produciendo iones hidrógeno libres en la forma indicada. Puesto que prácticamente todas las aguas naturales tienen alcalinidad relativamente alta, el ión hidrógeno desprendido reacciona con ésta, con lo que se amortigua la variación del pH. Si un agua no tiene suficiente alcalinidad, la adición de un coagulante producirá un descenso del pH por debajo del intervalo en que aquél es eficaz. En tal circunstancia, es preciso añadir una sal alcalina para aumentar la capacidad de tamponamiento de la solución.

3.6. FLOCULANTES POLIMÉRICOS

Los floculantes poliméricos o polielectrólitos están constituidos por moléculas de cadena larga y alto peso molecular, las cuales contienen un gran número de grupos con carga eléctrica. La carga neta de la molécula puede ser positiva, negativa o neutra.

Aunque parezca que los polímeros catiónicos deberían ser los más efectivos para la floculación de los coloides cargados negativamente de las aguas prepotables, no siempre ocurre así. Parece ser que los grupos químicos de los polímeros se combinan con las zonas activas de los coloides.

La interacción de una sola molécula con un gran número de partículas puede producir la formación de puentes y, por tanto, la de una partícula de mayor tamaño que puede sedimentar por gravedad.

Los polielectrólitos son excelentes floculantes que pueden emplearse solos o en conjunción con coagulantes metálicos. La elección del floculante adecuado requiere la determinación de la dosis necesaria por medio de ensayos *jar-test* y la comparación de costes, incluyendo el derivado del manejo de los fangos producidos.

3.7. MEZCLADO

El mezclado sirve para conseguir una rápida dispersión de los productos químicos en el agua cruda y requiere un alto grado de turbulencia y de disipación de energía. Existe una gran variedad de dispositivos de mezclado disponibles en el mercado, los

cuales pueden ser estáticos (conjunto de tuberías y deflectores, canales con deflectores resalto hidráulico) y mecánicos (paletas, turbinas, hélices). Los tiempos de retención para la mezcla rápida son tan cortos como 10 a 20 segundos, aunque algunos organismos pueden exigir otros valores superiores.

3.8. CRITERIOS DE DISEÑO

Los criterios de diseño de los clarificadores consisten en una serie de especificaciones sobre la carga de superficie y el tiempo de detención o profundidad. Los valores empleados dependen del tipo de clarificador y de las características del agua a tratar.

3.9. MÉTODOS DE ADICIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS

La adición de productos químicos incluye su trasiego, almacenamiento, dosificación y alimentación al agua a tratar. El grado de complejidad de los sistemas de trasiego de productos químicos depende del tamaño de la planta. Generalmente, aquéllos se almacenan en el segundo piso del edificio de filtros o en un edificio específico para ello. En cualquier caso, se precisan puentes grúas o sistemas de elevación.

En la mayor parte de las plantas se emplean sistemas de dosificación en polvo de varios tipos. Se pueden conseguir para capacidades muy variables y cada sistema tiene un rango muy amplio de variación de capacidad, por lo menos de 40:1 para sistemas volumétricos, y de 100:1 para los dosificadores gravimétricos. Los fabricantes garantizan precisiones de $\pm 1\%$ en los dosificadores gravimétricos para cualquier tipo de producto químico, mientras que en los dosificadores volumétricos es del 3 % para la alúmina, sulfato ferroso y férrico y carbonato sódico denso, y del 5 % para la cal, carbón activado y carbonato sódico ligero.

Los sistemas de alimentación incluyen:

- a) una tolva, que forma parte del alimentador, con un dispositivo de agitación.
- b) El mecanismo de dosificación, el cual puede fijarse a un valor determinado y que es variable según el tipo de dispositivos empleados.
- c) La cámara de mezcla, en la que se produce la mezcla del producto con agua, generalmente, se suele especificar un tiempo de contacto de 3 minutos.
- d) La tolva de comunicación, que deberá ser lo suficientemente larga para alcanzar el techo del edificio de manera que su llenado se realice desde el piso superior; a veces cumple con una función complementaria de almacenamiento.
- e) Algunos dispositivos complementarios, como un medidor del agua empleada, una alarma, acústica o visual, para avisar posibles desviaciones de dosificación superiores al 5 % del valor fijado. También es posible emplear controles automáticos que pueden variar la dosificación al cambiar el caudal de agua a tratar.



La selección de conductos de materiales adecuados para el transporte de las soluciones preparadas es de gran importancia, ya que de otra suerte se pueden presentar problemas de obturación o corrosión. Las mangueras de goma pueden ser adecuadas para ácidos o álcalis siempre que se tenga cuidado de que no se produzcan bolsas de aire en las mismas. El plástico es satisfactorio para la alúmina, sulfato ferroso y soluciones ácidas en general. El tubo de acero revestido es más rígido que el plástico e igualmente adecuado para transportar soluciones ácidas o sulfatos de hierro y aluminio.

eoi

4. FILTRACIÓN

4.1. INTRODUCCIÓN

La sedimentación, con coagulación o sin ella, no proporciona ordinariamente un tratamiento suficientemente satisfactorio del agua. La obtención de agua clara y transparente, con la máxima garantía por lo que se refiere a la posible transmisión de enfermedades requiere el empleo de un filtro. La filtración ayuda, además, a la eliminación del hierro y manganeso, del color, de los gustos y de los olores.

Se han empleado filtros de dos tipos: el filtro de arena lento se empleó inicialmente en Gran Bretaña a principios del siglo XIX y en Estados Unidos se construyó una serie de plantas de este tipo entre 1890 y 1910. El filtro de arena rápido, conocido bajo la denominación de filtro americano o mecánico, fue desarrollado en Estados Unidos entre 1900 y 1910, y debido a su mejor adaptación a nuestras aguas más turbias, ha desplazado al filtro lento. Sin embargo, algunas grandes ciudades siguen todavía con sus filtros de arena lentos y por otra parte, éstos han encontrado una aplicación en instalaciones modernas de tratamiento de aguas residuales.

4.2. TEORÍA DE LA FILTRACIÓN

En general, se considera la filtración como el paso de un fluido a través de un medio poroso que retiene la materia que se encuentra en suspensión. En las principales instalaciones de filtración, los filtros suelen ser abiertos, mientras los filtros cerrados suelen utilizarse para instalaciones pequeñas (menor de 40m³/h).

En las instalaciones de filtración de las estaciones de tratamiento de agua, el medio poroso suele ser generalmente arena, arena + antracita o bien carbón activo en grano, y la materia en suspensión está constituida por flóculos o microflóculos procedentes de la etapa anterior de decantación o bien formados expresamente cuando se sigue el proceso conocido como "microfloculación sobre filtro" o filtración directa". Los filtros de estas instalaciones, generalmente son abiertos, con velocidades de filtración entre 6 y 15 m/h, empleándose los filtros cerrados a presión en instalaciones pequeñas (menores de 50 m³/h).

El espesor de la capa de arena suele oscilar entre 0,7 y 1 m. y la talla efectiva entre 0.8 y 1mm con un coeficiente de uniformidad entre 1,5 y 1,7. En el caso de lechos bicapa, el espesor de arena es 1/3 del total y sobre ella una capa de antracita de 2/3 del espesor total y talla efectiva entre 1,2 y 2,5mm.

Realmente, el espesor y granulometría depende de la velocidad de filtración, del tamaño y naturaleza de las partículas que van a ser retenidas y de la pérdida de carga disponible.

La velocidad de filtración, para el caso de filtración rápida, suele ser del orden de 5 a 15 m/h (m³/m²/h).

Uno de los parámetros más indicativos del comportamiento del filtro es la turbidez del agua filtrada. Al comenzar el período de filtración, partiendo de un lecho filtrante limpio, hay un período inicial de tiempo, relativamente corto, conocido como "período de maduración" en el cual la turbidez del agua filtrada va disminuyendo hasta alcanzar un punto a partir del cual la turbidez se mantiene casi constante un período largo de tiempo, que dependerá de la altura de capa del lecho.

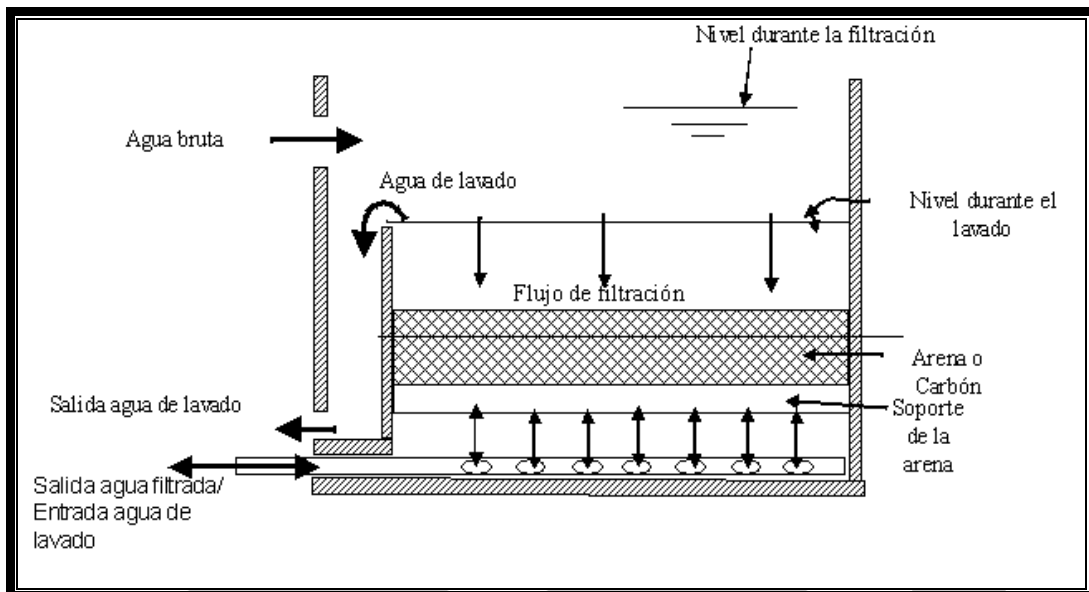
Continuando la filtración, se llegará aun punto a partir del cual la turbidez inicia un incremento, conociéndose este punto como el comienzo del "período de perforación" del filtro.

La pérdida de carga, que en el caso de un filtro, en definitiva nos indica el grado de dificultad que encuentra el agua a su paso a través de la arena, nos sirve para hacer un seguimiento del estado de atascamiento del lecho de arena con el transcurso de tiempo de filtración. Al construir los filtros, se fija la pérdida de carga máxima a la que podrá llegarse, y deberá ser tal que el tiempo que tarda en alcanzarse, sea igual o ligeramente inferior al tiempo, al cabo del cual se alcanzará la perforación del filtro, de esta forma, se aprovecha el atascamiento de la casi totalidad de la altura del lecho de arena previsto.

Para conseguir una tasa o velocidad de filtración constante, se pueden utilizar filtros que operan a nivel constante, con regulación aguas arriba y abajo mediante flotadores, válvulas de mariposa o sifones, o bien, emplear filtros de nivel variable, en los cuales, este nivel va aumentando a medida que aumenta la pérdida de carga como consecuencia del atascamiento o colmatación del lecho filtrante.

Llegado el momento de la máxima pérdida de carga de alguno de los filtros que forman la instalación, se interrumpe la entrada de agua a filtrar y se procede al lavado a contracorriente, que consta de tres fases: 1) Esponjamiento del lecho con aire a baja presión (entre 30 y 60 segundos). 2) Lavado con agua yagua (entre 3 y 6 minutos) y 3) Aclarado con agua (entre 12 y 7 minutos).

En la figura siguiente se representa el esquema de un filtro (de nivel constante) con indicación de los flujos de filtración y de lavado a contracorriente así como los niveles de filtración y de lavado.



En el lavado a contracorriente, el lecho de arena se expande y el aire provoca que los granos de arena al rozar uno contra otro se desprendan de las partículas retenidas, que después serán arrastradas por el agua de lavado hacia los vertederos o canales de recogida del agua de lavado. El proceso de lavado finaliza cuando esta agua resultante del lavado no muestra apenas partículas en suspensión.

4.3. TEORÍA DE LA FILTRACIÓN A TRAVÉS DE UN MEDIO FILTRANTE

Un filtro rápido consiste en un lecho de material grueso, tal como arena, de profundidad variable entre 300 mm y varios metros. La cinética de la eliminación de las partículas de tamaño inferior al de los huecos en el lecho, han sido descritos considerando dos etapas: una de transporte, y otra de fijación.

El transporte hasta la superficie del medio filtrante puede producirse por difusión, interceptación, sedimentación, choque o transporte hidrodinámico. El proceso de transporte está ayudado por la floculación que tiene lugar en los intersticios del filtro y por la distancia relativamente corta de recorrido necesaria para la eliminación por sedimentación.

La fijación de las partículas después de entrar en contacto con el medio filtrante, es de naturaleza química y está influenciada por el pH, composición iónica del agua, edad del floc, naturaleza y dosis del polímero, y la composición y condición de la superficie del medio.

Tanto el medio filtrante como las partículas suspendidas del agua a filtrar pueden tener cargas eléctricas relativamente importantes, las cuales pueden ayudar o inhibir la fijación. Estas cargas de superficie pueden verse alteradas tanto por cambios en el pH como por la adición de coagulantes de naturaleza química.



La eliminación de las partículas en un filtro de medio granular, tiene lugar de la siguiente forma:

1. La cantidad de partículas eliminadas por una capa de medio filtrante es proporcional a la concentración de aquellas que entra en la capa.
2. El rendimiento del filtro varía con el tiempo, aumentando al principio para disminuir posteriormente.
3. La cantidad de partículas eliminadas por una capa de medio filtrante es igual a la cantidad acumulada en los poros del filtro.
4. Cada capa del medio alcanza con el tiempo un punto, a partir del cual ya no se produce una clarificación de la suspensión y la concentración de partículas entrantes es igual a la de salientes.
5. La condición de equilibrio se alcanza, primeramente en la capa en la que se produce la alimentación del filtro, y va progresando a través de éste en la dirección del flujo.

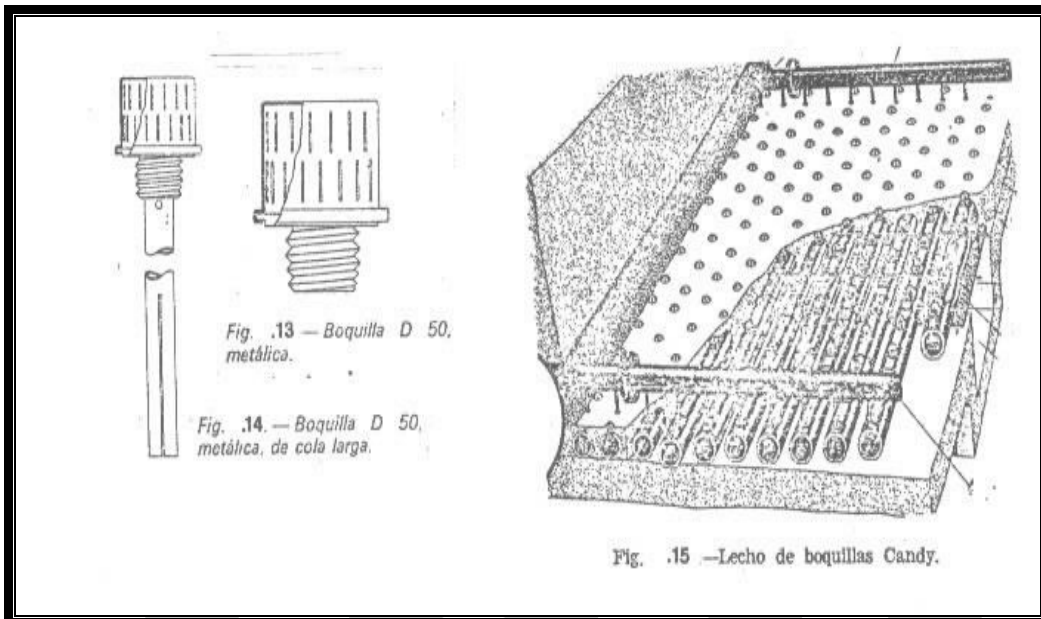
No hay un acuerdo sobre si la condición de equilibrio se alcanza al no haber una retención de partículas entrantes o por una combinación de deposición y arrastre. Existe evidencia experimental en apoyo de ambas teorías, por lo que parece posible que haya diferentes mecanismos para diferentes tipos de suspensiones.

A medida que se van saturando con el material retenido las sucesivas capas del filtro, la pérdida de carga a través del lecho irá aumentando debido a la obstrucción del flujo. Si la pérdida de carga llega a ser excesiva, puede producirse un vacío parcial en el seno del medio que dé lugar a la formación de burbujas de aire a partir de gases que abandonan la fase líquida. Esta formación de burbujas resulta en una restricción adicional del flujo, incrementando la velocidad de paso y la pérdida de carga y puede dar lugar a un arrastre de las partículas retenidas en el medio.

Las partículas de mayor tamaño y fuertemente ligadas tienen tendencia a ser retenidas en las capas superiores del filtro, dando lugar a grandes pérdidas de carga y poca penetración del floc.

Este fenómeno es especialmente pronunciado cuando el medio filtrante es fino. Las partículas suspendidas más finas tienen tendencia a penetrar más en los filtros, especialmente cuando el medio es grueso, distribuyendo de esta forma la reducción de la capacidad de circulación del flujo y dando lugar a menores pérdidas de carga para eliminaciones equivalentes durante periodos de tiempo iguales.

Puesto que cuando el material filtrante es de mayor tamaño cabe esperar mayores penetraciones, lógicamente los lechos de materiales gruesos deben tener más espesor y la experiencia así lo ha demostrado. La teoría de la filtración lleva a la conclusión de que el parámetro más importante es el área del medio filtrante, pero puesto que aquella es función del tamaño de las partículas del medio y de su profundidad, se puede concluir que un aumento del tamaño de las partículas del medio necesita de un incremento del espesor.



4.4. MEDIO FILTRANTE

La elección de un medio filtrante debe basarse en su durabilidad, el grado de purificación deseado, la duración de los ciclos de filtración y facilidad de lavado a contracorriente. El medio ideal deberá ser de tamaño y naturaleza tales que sea capaz de producir un efluente de calidad satisfactoria, retener la máxima cantidad de sólidos y poder limpiarse con facilidad empleando la mínima cantidad de agua para lavado.

El tamaño del medio filtrante viene determinado por su *tamaño efectivo* que es el del tamiz, expresado en milímetros, que deja pasar un 10 % del peso. La uniformidad del tamaño se determina por el *coeficiente de uniformidad* que es la relación entre el tamaño del tamiz que deja pasar el 60 % del peso y el tamaño efectivo. Los materiales finos producirán mejores efluentes, pero darán lugar a mayores pérdidas de carga en las capas superiores del medio filtrante, con lo que los ciclos de filtración serán más cortos. Por el contrario, los materiales gruesos permiten una mayor penetración del floc, mejor utilización de la capacidad de almacenamiento del filtro, mayor duración de los ciclos de filtración y lavado a contracorriente más sencillo. Se ha comprobado que los materiales finos contribuyen a la formación de bolas de fango.

La arena es el medio filtrante más barato y, por lo tanto, ha sido ampliamente utilizado. La arena a emplear en los filtros rápidos debe estar libre de suciedad, ser dura y resistente y preferiblemente estar constituida por cuarzo o cuarcita. No deberá perder más del 5 % en peso después de estar en una solución de ácido clorhídrico al 40 % durante 24 horas. El espesor del lecho de arena, cuando se emplea ésta exclusivamente, varía de 600 a 700 mm en la mayoría de los casos. En la



práctica actual, se suelen emplear arenas de tamaños efectivos de 0,45 a 0,55 mm y los coeficientes de uniformidad no son superiores a 1,7, ni inferiores a 1,20.

Generalmente, se suele especificar la no aceptación de granos de arena de tamaño superior a uno preestablecido.

La antracita se ha empleado como sustituto de la arena en muchas plantas de tratamiento y puede utilizarse conjuntamente con aquella y otros materiales en los filtros de medio filtrante mixto. La antracita para filtros tiene un tamaño efectivo de $0,7 < \text{mm}$ o superior y un coeficiente de uniformidad igual o inferior a 1,75. Cuando se emplea sin otros materiales, los lechos de antracita suelen ser similares a los de los filtros de arena, y en estos casos puede utilizarse tamaños efectivos menores.

La arena de granate o ilmenita es un material especialmente denso (peso específico de 4,2) que puede utilizarse en filtros de medio mixto. Su coste relativamente elevado y su poca disponibilidad, junto con el hecho de su alta densidad, hacen impracticable la utilización de este material como único constituyente del medio filtrante.

Otros materiales que pueden estar disponibles en algunas áreas locales, tales como vidrio triturado, escorias, ciertos minerales metálicos e incluso cáscara de coco triturada y de arroz tostado, han sido utilizados como medio filtrante. Sin embargo, los materiales de mayor interés para el ingeniero son arena y antracita.

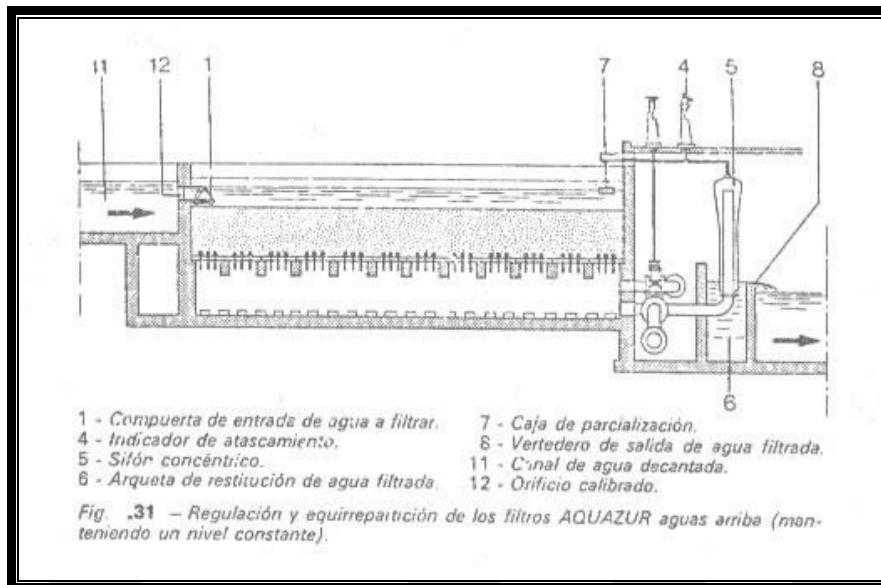
4.5. MEDIOS FILTRANTES MIXTOS

Al lavar a contracorriente los filtros normales de material granular, las partículas más finas tienden a depositarse en la capa superior y las de mayor tamaño en el fondo. Esta clasificación es desfavorable ya que las partículas que no sean retenidas podrán atravesar el filtro. Con lo que la mayor parte del medio filtrante está inutilizada. La retención de sólidos en las capas superiores conduce a pérdidas de carga mayores que las que se producirían si los sólidos estuvieran distribuidos a través del filtro.

Esta clasificación desfavorable puede invertirse hasta cierto punto, por empleo de dos o más materiales de densidad distinta, seleccionados de tal forma que las partículas de mayor tamaño sedimenten más lentamente que las pequeñas. Los filtros de medio mixto suelen, generalmente emplear antracita (peso específico 1,5) y arena silíceas (peso específico 2,6) e incluso pueden tener arena de granate o ilmenita (peso específico 4,2). Puede demostrarse que los tamaños de las partículas de diferente densidad que tienen iguales velocidades de sedimentación se pueden calcular por medio de ella.

Los filtros de medio filtrante mixto no son filtros profundos verdaderos, pero procuran dos o tres superficies de filtro con huecos progresivamente menores, lo que permite un empleo efectivo de una mayor fracción de su volumen. Los ciclos de filtración son de duración proporcionalmente mayor y las pérdidas de carga meno-

res que aquellas de los filtros de medio filtrante de un solo material. Puesto que se espera encontrar sólidos en diversos planos a través del filtro, así como en su superficie, los sistemas de lavado a contracorriente deben de ser seleccionados de manera que sean capaces de eliminar tales acumulaciones de sólidos. Los sistemas de arrastre que han demostrado ser satisfactorios incluyen los de aire-agua y los de lavado rotativo con un segundo rotor situado unos 10 mm por encima del nivel sin expandir del medio de mayor densidad.



4.6. FILTROS DE PRESIÓN

El filtro de presión es un filtro rápido de arena, dispuesto en un recipiente cerrado, a través del cual pasa el agua a presión. Estos filtros se construyen también con tanque horizontal. El lecho de arena tiene generalmente un espesor de 45 a 60 centímetros, empleándose los mismos coeficientes de uniformidad y tamaños efectivos de la arena que en los filtros abiertos de gravedad.

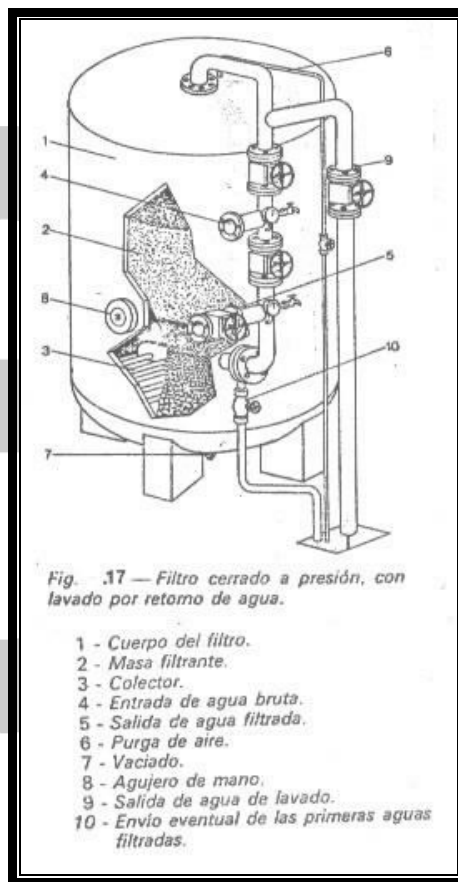
Para disponer las capas de grava se sigue la misma práctica que en los filtros ordinarios, y el sistema colector está formado por un enrejado de tubos o por falsos fondos.

El lavado se consigue invirtiendo la dirección en que circula el agua mediante el manejo de válvulas dispuestas en la tubería. Un indicador de pérdida de carga pone de manifiesto cuándo es necesario el lavado.

El agua contiene generalmente una pequeña dosis de coagulante antes de llegar al filtro, consiguiéndose frecuentemente la dosificación mediante el paso de una pequeña parte del caudal de agua a través de recipientes de los que toma la cantidad requerida de alumbre y álcali.

Para la alimentación de estos recipientes se emplean alumbres amoniacales o potásicos troceados, y como álcali sosa comercial. Un método más eficaz consiste en inyectar una solución desde uno o varios depósitos y en este caso se pueden emplear como coagulantes la alúmina y la cal, que son más baratas. Estos filtros deben equiparse también con reguladores de caudal. Las unidades verticales se construyen con diámetros de 0,40 a 2,40 m, y las horizontales en unidades de 2,10 a 2,40 m de diámetro y 2,40 a 7,50 m de longitud.

Una instalación puede formarse con una batería de filtros que reciben el agua cruda y descargan la filtrada en tinos conductos principales comunes.



5.-DESINFECCIÓN DE LAS AGUAS.

5.1. INTRODUCCIÓN

En el momento actual, el público exige que las plantas de tratamiento hagan algo más que suministrar un agua limpia y libre de organismos patógenos. Desea un agua blanda, inodora, insípida, que no deteriore las cañerías o corroa los metales. Asimismo, la industria desea un agua que no perturbe sus procesos.

Recientemente, se ha incrementado la preocupación existente por la presencia de pequeñas cantidades de materia orgánica especialmente los hidrocarburos clorados, los cuales parecen ser los agentes causantes de un cierto número de enfermedades. Se sabe que estos contaminantes están presentes en las aguas de suministro, aunque se desconoce su efecto sobre la salud pública. La práctica normal de desinfección mediante el cloro contribuye a la producción de esos compuestos.

5.2. EL CLORO EN EL AGUA

La desinfección del agua consiste en la exterminación de las bacterias patógenas que pueda contener. En el proceso, se destruirán también los colibacilos y se reducirá considerablemente la cantidad de otras bacterias. Sin embargo, no se obtendrá ordinariamente la esterilización completa, aunque ni siquiera es necesaria. El cloro, en sus diversas formas, se emplea casi universalmente como agente desinfectante del agua. Es barato, seguro, y su manejo no presenta gran dificultad. El cloro y el agua reaccionan según la siguiente ecuación:

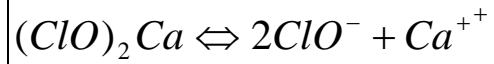


que está prácticamente desplazada a la derecha. El ácido hipocloroso, ClOH, se ioniza o se disocia en iones hidrógeno e hipoclorito en otra ecuación reversible.



El ácido hipocloroso y los iones hipoclorito son los que realizan la esterilización. El grado de ionización depende directamente del valor del pH del agua y la eficacia real de la desinfección depende de la proporción de ácido hipocloroso a iones hipoclorito, siendo tanto mayor cuanto mayor es esta proporción y, por lo tanto, esta eficacia se reduce a altos valores de pH. A valores de pH por debajo de 3,0 puede existir algo de cloro molecular. El cloro presente en el agua en forma de ácido hipocloroso, iones hipoclorito, y cloro molecular se define con la denominación de *cloro libre disponible*.

Los hipocloritos, tales como los cálcicos y sódicos, y la cal clorada, actúan de la misma manera. Por ejemplo, cuando se disuelve hipoclorito cálcico en agua, ioniza como sigue:



Los iones hipoclorito se combinan luego con los iones hidrógeno para formar ácido hipocloroso, en reacción inversa a la que se produce al disolver el cloro en el agua. Sin embargo, también aquí la relación de ácido hipocloroso a ión hipoclorito, depende del pH, y consiguientemente, la eficacia de la desinfección se ve también afectada por el valor del pH.

El cloro es un elemento muy activo y, al añadirlo al agua en forma de cloro libre, se combina con la materia orgánica e inorgánica y oxida compuestos. Reacciona con el amoníaco y con muchas aminas orgánicas para formar las cloraminas, las cuales, si bien son agentes oxidantes, son menos activas que el ácido hipocloroso y, por consiguiente, su eficacia desinfectante se ve considerablemente reducida. El cloro presente en el agua, en combinación química con el amoníaco y otros compuestos nitrogenados que modifican su actividad bactericida, se conoce con la denominación de *cloro combinado disponible*.

La demanda de cloro en el agua equivale a la diferencia entre la cantidad de cloro añadida y la cantidad de cloro presente como residual, sea libre o combinado, después de un período de tiempo determinado.

El cloro se emplea en el tratamiento del agua para la desinfección y para la prevención y destrucción de olores, para la eliminación del hierro, y del color. Si bien su empleo principal es para desinfección, el mecanismo de su acción bactericida es incierto. Se supone que el cloro destruye las enzimas extracelulares de las células bacterianas y, posiblemente, reacciona con las enzimas intracelulares. La actividad bactericida del cloro se ve reducida por los valores altos del pH y las bajas temperaturas del agua.

5.3. CLORACIÓN

La cloración del agua se hace por los motivos anteriormente expuestos pudiéndose satisfacer simultáneamente las diversas necesidades. La cloración se puede considerar bajo dos aspectos; según el momento en que se añade dentro del proceso general del tratamiento o según los resultados finales.

Simple cloración. En algunas ciudades se emplean las aguas superficiales sin otro tratamiento que el de una simple cloración, aunque en algunas de ellas se da al agua un largo almacenamiento previo. En estos casos la cloración es muy importante, puesto que es la principal si no la única garantía contra la infección. Estas aguas que no reciben otro tratamiento, contienen probablemente grandes cantidades de materia orgánica y requieren elevadas dosis y largos tiempos de contacto para la máxima seguridad. El cloro puede añadirse al agua en la conducción de salida del

embalse hacia la ciudad. Con miras únicamente a la desinfección, puede precisarse una dosis de 0,5 mg/l para conseguir algo de residual combinado disponible en el sistema de distribución de la ciudad.

Precloración. Consiste en la aplicación del cloro antes de cualquier otro tratamiento y puede efectuarse su adición bien en las tuberías de aspiración de las bombas de agua cruda o en la cámara de mezcla, conforme el agua va entrando. La aplicación de la precloración tiene varias ventajas: Puede mejorar la coagulación y reducirá los gustos y olores originados por los fangos en los tanques de sedimentación; al reducir la cantidad de algas y de otros organismos puede conservar más limpia la arena de los filtros y aumentar así la duración de los ciclos de filtración. Las dosis de actividad eficaz dependen, naturalmente, del mantenimiento de un cierto residual a través de las distintas unidades de la instalación. Con frecuencia, esta dosis es tal que el agua llega a los filtros con una cantidad de cloro residual combinado de 0,1 a 0,5 mg/l. La combinación de la precloración con la poscloración puede ser aconsejable e incluso necesaria si el agua cruda está tan contaminada que la carga bacteriana en los filtros ha de reducirse con objeto de obtener en el efluente final unos títulos colibacilares o N. M. P. satisfactorios.

Poscloración. Esta expresión define generalmente la adición de cloro al agua, después de los tratamientos. Ha constituido un tratamiento normalizado en las instalaciones de filtros rápidos y, si se usa sin precloración y con residuales bajos, se denomina, a veces, cloración marginal.

El cloro puede añadirse en la aspiración de las bombas de agua tratada, pero es preferible adicarlo a la salida de los filtros o en el depósito, de modo que se asegure un tiempo de contacto adecuado. Si sólo se practica la poscloración, este tiempo de contacto debe ser por lo menos de 30 minutos, antes de que el agua pueda llegar a ser consumida. La dosis depende del carácter del agua y puede ser de 0,25 a 0,5 mg/l para obtener un residual combinado de 0,1 a 0,2 mg/l conforme el agua sale de la instalación.

Probablemente se necesitarán residuales mayores, si se desea mantener un efecto desinfectante a través del sistema de distribución, y esto se considera aconsejable, puesto que proporciona una protección contra la contaminación procedente de conexiones extrañas y evita el desarrollo orgánico en las tuberías, con sus consiguientes olores.

En algunos casos se añade cloro en puntos estratégicos de las tuberías del sistema de distribución, con objeto de mantener en las mismas una cierta cantidad de cloro residual.

Este tiende a desaparecer en el interior de las tuberías, debido a la combinación del cloro o la cloramina con la materia orgánica viviente, con sus productos de descomposición, o con las propias conducciones.

Cloración al «break-point». Tal como se dijo anteriormente, cuando se añade cloro

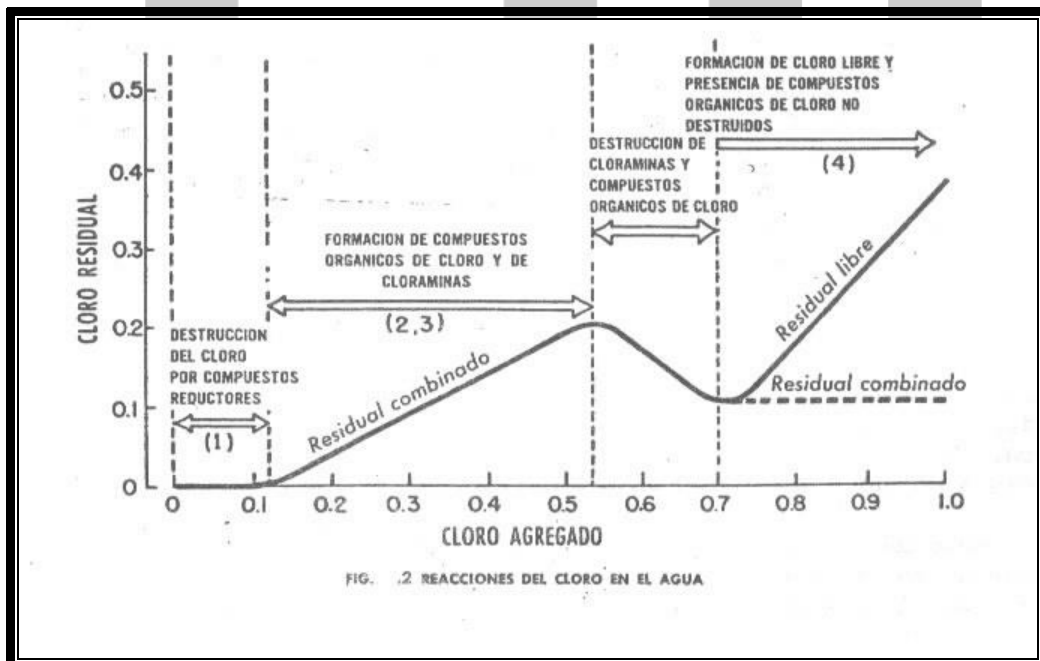
al agua se combina con las materias orgánicas e inorgánicas y parte de las combinaciones cloradas resultantes, tales como los clorofenoles, pueden presentar olor y son desagradables. Si se aumenta la dosis de cloro, el residual combinado aumentará también y posiblemente aumenten los olores a cloro.

Esto continuará así, con la mayoría de las aguas, hasta que la cantidad de cloro residual presente una caída (inflexión) en una curva que represente gráficamente los valores residuales en función de las dosis de cloro aplicadas; posteriormente, al aumentar las dosis aumentan igualmente los residuales, y la dosis en que se produce esta caída constituye el «break-point» (punto de ruptura).

Aparentemente el «break-point» indica la oxidación completa de las cloraminas y otras combinaciones cloradas, y el cloro residual por encima de la dosis de «break-point» es en su mayoría cloro libre disponible.

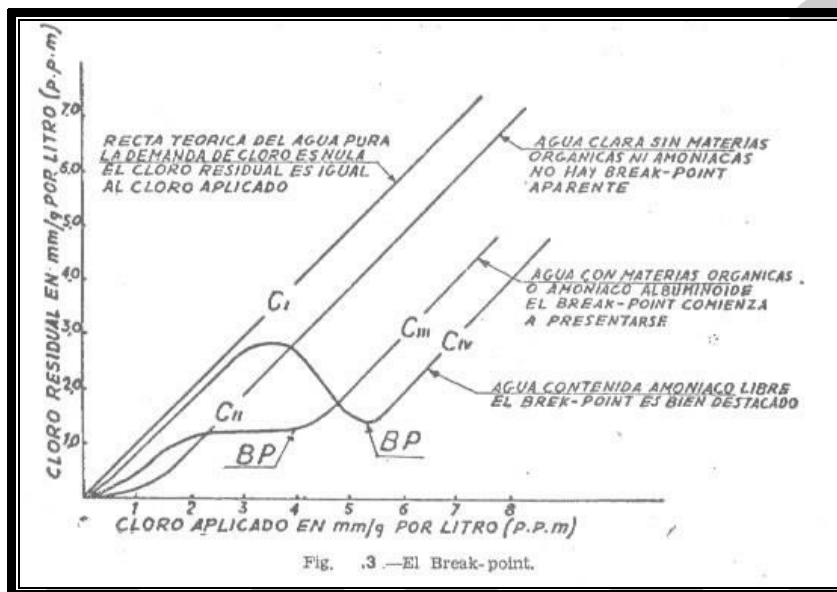
En general los olores a cloro y de otro origen desaparecen a la dosis del «break-point» o poco antes. Las dosis habrán de ser probablemente de 7 a 10 mg/l para obtener un residual libre de alrededor de 0,5 mg/l o más. Cuando se aplica el procedimiento del «break-point», el cloro, en general, aunque no siempre, se adiciona al agua en el momento en que entra en la planta de tratamiento.

En algunos casos se ha añadido amoníaco a aguas que carecían del mismo, con objeto de conseguir una curva de «break-point» más pronunciada.

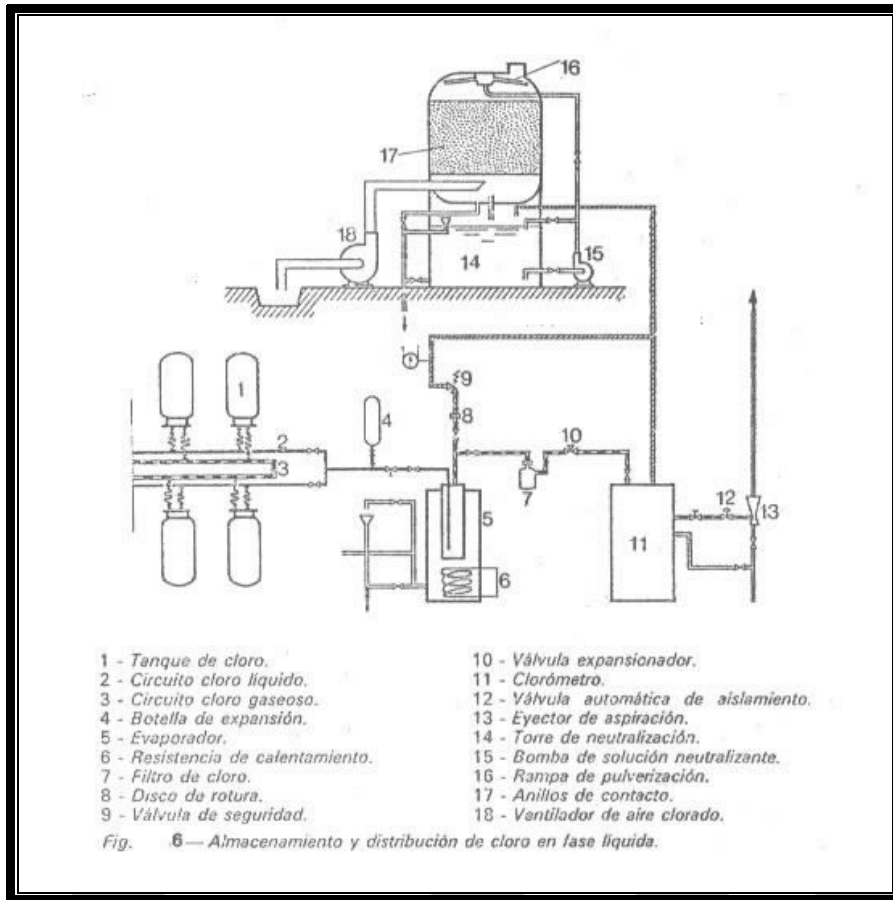


Cloración a residual libre y cloración a residual combinado. La mayor parte de la precloración y la poscloración se practican para obtener un residual combinado, aunque también puede hallarse presente algo de cloro libre. En general los residua-

les de cloro combinado, de acuerdo con los ensayos bacteriológicos, son adecuados. Para una mayor seguridad puede practicarse la cloración hasta obtener un residual libre añadiendo cloro suficiente para destruir el amoníaco, y de este modo el residual obtenido será un desinfectante muy eficaz. En el proceso seguido para obtener un cloro residual libre se eliminarán probablemente las materias que originan olor, y una vez satisfecha la demanda de cloro, se puede mantener un residual en el sistema de distribución, mientras el agua no se exponga a la acción de la luz solar. La única desventaja es el coste del cloro extra necesario, más que la posible formación de hidrocarburos halogenados adicionales.



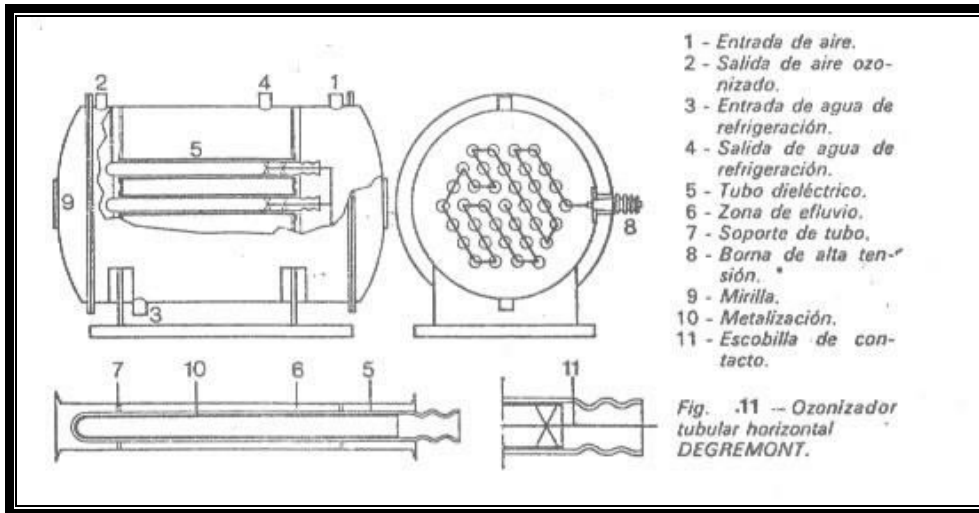
Decloración. La cloración a dosis elevadas puede producir residuales fuertes y desagradables, especialmente si se ha pretendido una acción desinfectante rápida o la destrucción de gustos y olores, pero no se ha efectuado al *break-point*. Este proceso se ha denominado *supercloración* y a ésta puede seguirle un proceso de decloración. La aireación elimina el cloro, el ácido hipocloroso y la dicloramina al modificar el equilibrio de las reacciones de ionización. También pueden emplearse el anhídrido sulfuroso y el sulfito y bisulfito sódicos, y también es útil el carbón activo. Las muestras de agua clorada que se recogen para los ensayos bacteriológicos se decloran con tiosulfato sódico.



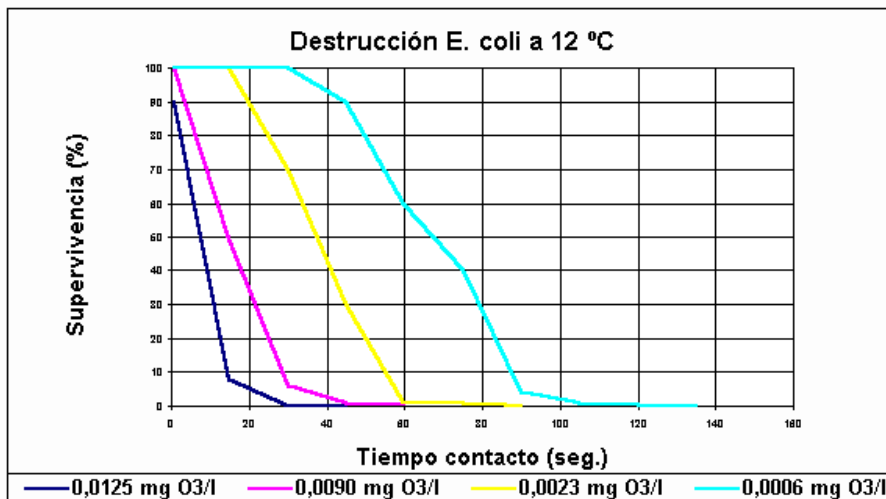
5.4. EL OZONO EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA

El ozono fue descubierto en 1785 por Van Mauten y es en 1857 cuando Werner von Siemens diseña un generador de ozono. En 1893 se usó por primera vez para desinfección del agua en Holanda, y 1906 se aplica en una planta de tratamiento en Niza.

En los últimos 25 años, los mayores avances y desarrollos en este campo, han propiciado una importante mejora en los equipos productores y un mayor empleo en la desinfección del agua.



El ozono, forma alotrópica del oxígeno, es un oxidante muy energético, es utilizado como tal en la desinfección del agua, está comprobada su eficacia en oxidación de materias orgánicas e inorgánicas (entre éstas últimas destacan el hierro y manganeso). Su poder oxidante y desinfectante, mayor que el del cloro, le hace más eficaz que éste en la eliminación del olor, sabor y color del agua, así como en la eliminación de bacterias, virus y otros microorganismos. Su potencial de oxidación es 2,07 voltios, mientras el del cloro es 1,36 voltios.



ACCION DEL OZONO SOBRE E. COLI

La ozonización (algunos llaman ozonación) es una buena alternativa a la cloración, (principalmente en la preoxidación), cuando en el agua hay fenoles y otras sustancias orgánicas precursoras de trihalometanos. Los fenoles por la adición de cloro forman clorofenoles de sabor y olor muy desagradables, aún en concentraciones tan pequeñas como 0,01 mg./l.

Los precursores de trihalometanos suelen ser sustancias orgánicas naturales como

los ácidos húmicos, fúlvicos y tánicos, generalmente de procedencia vegetal, que a la vez comunican a las aguas superficiales una determinada coloración. Sobre estas sustancias orgánicas, con enlaces dobles entre átomos de carbono, actúa el ozono rompiéndolos y a medida que esto sucede, no solo el color va desapareciendo, sino que los propios precursores de los trihalometanos se van eliminando.

El ozono se forma de manera natural en los niveles altos de la atmósfera por la acción de las radiaciones UV procedentes del Sol, que produce la disociación iónica de la molécula de oxígeno y la reacción posterior de los iones formados con nuevas moléculas de oxígeno. A niveles más bajos de la atmósfera, se forma ozono gracias a la energía desarrollada por las descargas eléctricas en las tormentas, transformando el oxígeno en ozono.

También puede generarse ozono en el arco producido en el proceso de soldadura y cuando algunos componentes de los gases de escape de los automóviles e industrias, reaccionan con la luz del Sol. El ozono es 12,5 veces más soluble en agua que el oxígeno. La solubilidad del ozono en agua depende de la temperatura de ésta y de la concentración de ozono en la fase gaseosa. En el cuadro siguiente se reflejan datos de solubilidad

Concentración	5 °C	10°C	15°C	20 °C
O ₃				
1,5 %	11,10	9,75	8,40	6,43
2 %	14,80	13,00	11,20	8,57
3 %	22,18	19,50	16,80	12,86

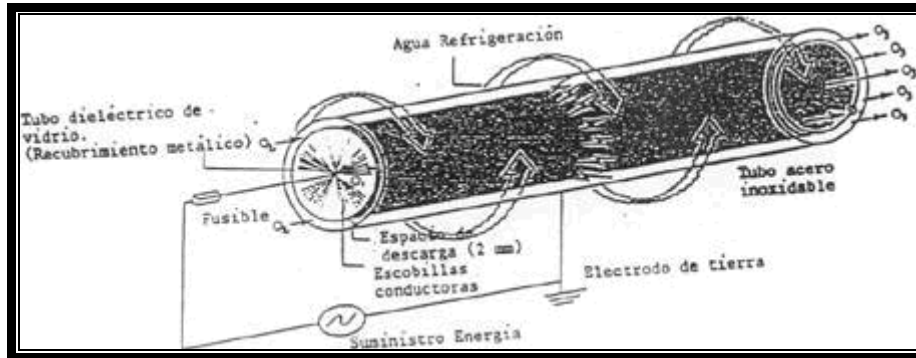
Es muy inestable, motivo este que obliga a generarlo "in situ", en la propia planta de tratamiento de agua. Se descompone rápidamente, volviendo a originar oxígeno diatómico. La mitad de la vida del ozono en el aire es de unos 20 minutos en el agua es muy variable, dependiendo de diversos factores (temperatura, pH, sustancias presentes en el agua, etc.), puede variar de 1 minuto hasta 300 minutos. A igualdad de condiciones es más estable en agua que en el aire. Es 1,3 veces más denso que el aire

5.4.1. OZONIZADORES

En la producción industrial de ozono puede partirse de aire u oxígeno puro. Cuando se utiliza aire, la concentración de ozono a la salida del ozonizador varía entre el 1 y el 4 por ciento y si se emplea oxígeno puro, la concentración suele oscilar entre el 4 y el 12 por ciento en peso. En cualquier caso, el ozono en su empleo industrial, ya sea partiendo del aire o del oxígeno puro, se obtiene por descarga eléctrica alterna de alta tensión y/o frecuencia, para evitar la formación de un arco eléctrico (descarga eléctrica silenciosa), entre dos electrodos separados por un medio dieléctrico, generalmente vidrio.

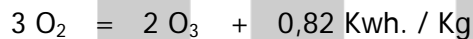
En los ozonizadores industriales, los dos electrodos son tubos concéntricos, el exte-

rior de acero inoxidable y el interior un tubo de vidrio, que consta de una fina capa metálica depositada en la cara interna.



El ozonizador está integrado por múltiples conjuntos de estos pares de tubos concéntricos.

La reacción de formación del ozono es



Como alrededor del 80 al 90 por ciento de la energía se convierte en calor, el conjunto de electrodos conectados a tierra están refrigerados por agua .

Los generadores industriales de ozono se fabrican generalmente de dos tipos , el de tubos concéntricos y el de placas, las configuraciones pueden ser , vidrio-vidrio , o metal-vidrio.

La producción de ozono en estos equipos, está sujeta a una serie de parámetros interrelacionados, que influyen en gran medida en la eficaz generación o producción de ozono y que podrían reunirse en tres grupos :

- Parámetros del sistema : Fundamentalmente son, 1) longitud del sistema de descarga , 2) anchura del espacio de descarga y 3) configuración y espesor del dieléctrico.

- Parámetros del proceso : Estos quedan abarcados principalmente en la concentración y producción del ozono y el rendimiento o necesidades de energía específica.

- Parámetros operacionales . Estos son más numerosos, los principales son: 1) tensión , 2) tipo de tensión , 3) frecuencia, 4) densidad de potencia, 5) presión de trabajo, 6) temperatura de trabajo, 7) velocidad de corriente del gas, 8) composición y humedad del gas empleado.

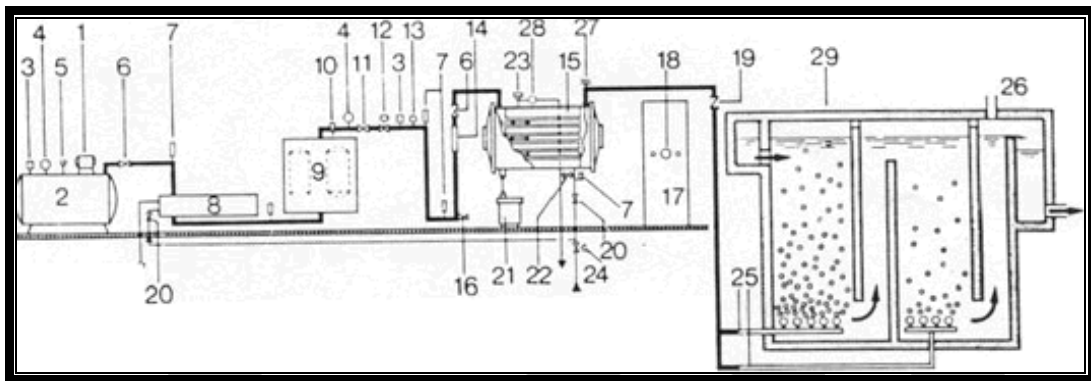
Partiendo de aire, este es suministrado al ozonizador a presión y exento de polvo y humedad, lo cual requiere compresores, filtros y otras unidades más complejas de

secado de este aire.

La mezcla de aire ozonizado, que es lo que realmente sale del ozonizador, se conduce hasta las cámaras de contacto, donde se encuentra el agua a tratar, obligándole a salir a través de difusores porosos, con objeto de que las burbujas de gas que se introducen en el agua sean muy finas, o bien mediante difusores de turbina.

A las cámaras de contacto de las dota de unos extractores en la parte superior, a fin de recoger el ozono residual que no se ha consumido en su contacto con el agua y dirigirle hacia un equipo de destrucción, generalmente térmica, transformándose en oxígeno.

Después de pasar por las cámaras de contacto, el agua debe contener aún una concentración próxima al 0.1 ppm.



Esquema de línea de preparación y aplicación de ozono al agua

Los equipos ozonizadores que parten de aire, suelen consumir del orden de 14 a 18 Kwh/kg.O₃, dependiendo de las diversas instalaciones. Con los modernos recursos de la electrónica, se han llegado a conseguir unas tensiones de explotación de ozonizadores de 10 KV (para frecuencias entre 600 y 1000 Hz. Partiendo de oxígeno se triplica la eficiencia en la producción de ozono por Kwh. La producción de 1 Kg de ozono, partiendo de oxígeno, supone un consumo de aproximadamente 7 Kwh. .

Las variables operativas en la producción de ozono son, la energía aplicada, el caudal del gas de entrada, la temperatura y la eficiencia del propio generador.

5.4.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA OZONIZACION

La evaluación del ozono como desinfectante presenta pros y contras, en su comparación con el cloro destacan las siguientes ventajas: a) Tiene mayor poder oxidante. b) No produce trihalometanos y elimina los precursores de estos. c) Requiere una concentración y tiempo de contacto menor (0,4 ppm durante 4 minutos es una concentración y tiempo de contacto eficaz para eliminar bacterias y virus). d) No altera el pH del agua. e) Mejora la coagulación. f) Facilita la eliminación del hierro y manganeso y reduce en gran medida el olor, sabor y color del agua.

Como desventajas figuran: a) Su mayor coste, tanto en los equipos como en los

costos de operación (energía eléctrica) a pesar de las menores dosis empleadas. b) Puede formar otros subproductos perjudiciales, entre los que destacan los bromatos y aldehídos. c) No mantiene una concentración residual persistente, lo que obliga a emplear cloro o cloraminas en la desinfección final, si se desea mantener un desinfectante residual. d) Puede formar óxido nítrico ó ácido nítrico, que causaran corrosiones en los equipos.

Al ser el ozono un oxidante fuerte, puede producir trastornos en los tejidos humanos y particularmente en los ojos y pulmones. Hay establecidos unos límites para los ambientes de trabajo que se exponen a continuación.

Limite	Exposición
0,01 - 0,05 ppm	Olor detectable
1 ppm	8 minutos
3 ppm	15 minutos
0,1 ppm	8 minutos

5.5. OTRAS TÉCNICAS DE DESINFECCIÓN

Los otros halógenos, bromo y yodo, también son agentes germicidas efectivos. La química de estos compuestos es similar a la del cloro, aunque las constantes de ionización y, por tanto, el pH óptimo son diferentes. El ácido hipocloroso predomina a pH 7 o inferior, el hipobromoso a pH 8,7 o inferior, mientras que el hipoyodito se encuentra solamente a pH muy altos.

El yodo, al contrario que el bromo y cloro, no reacciona con el amoníaco o con compuestos orgánicos nitrogenados para formar aminas, por lo que persiste como ácido hipoyodoso y yodo molecular.

Es un desinfectante efectivo que se ha utilizado en piscinas, pero no es probable que sea empleado con profusión en el tratamiento del agua debido a los posibles efectos fisiológicos que pueda tener sobre la actividad de los tiroides y a su coste relativamente elevado.

Se ha estudiado la posibilidad de utilizar una mezcla de halógenos, la *monocloramina* y el *yoduro*, como técnica de desinfección. Esta combinación da lugar a una desinfección más rápida que empleando la cloramina sola, seguramente debido a la formación de ácido hipoyodoso a partir de la cloramina y el yoduro.

El sistema yodo-yodato es mejor desinfectante que las cloraminas a pH neutro. La combinación de ambos ha demostrado ser más efectiva que la cloramina o yoduro individualmente.

El bromo, aunque desinfectante efectivo, es más caro que el cloro y tiene alguna relación con la formación de hidrocarburos halogenados. Por estas razones y por la falta de experiencia en su uso, no se espera que el bromo sea normalmente utilizado como desinfectante.

El *dióxido de cloro* y el *cloruro de bromo* son compuestos halogenados que se han utilizado para la desinfección del agua y aguas residuales.

El cloruro de bromo se ioniza en HCl y ácido hipobromoso que se combina con el amoníaco para formar las bromoaminas. Aunque no se emplea en el tratamiento de agua sí lo ha sido con aguas residuales. El dióxido de cloro es especialmente útil para la eliminación de olores así como para desinfección.

Se obtiene por la cloración de clorito sódico a razón de un mol de cloro por cada dos moles de clorito. El compuesto resultante, ClO_2 , no reacciona con el amoníaco, no se ve afectado por el pH dentro del intervalo normalmente encontrado en el agua y es un poderoso agente oxidante y germicida. Al igual que el ozono, exige su generación en el punto de utilización y parece ser capaz de oxidar compuestos orgánicos sin formar hidrocarburos halogenados.

Debido a un mecanismo de bloqueo de zonas activas antes de que puedan producirse las sustituciones de halógenos. Por el contrario que el ozono, a temperaturas normales es relativamente persistente por lo que puede procurar protección residual.

Los *rayos ultravioleta* son efectivos en la destrucción de todo tipo de bacterias y virus. Parece ser que el mecanismo que tiene lugar es la destrucción de los ácidos nucleicos por medio de los rayos generados en lámparas de vapor de mercurio-cuarzo. La longitud de onda de la luz debe ser de 253,7 nm y la intensidad 50 W/m² a una distancia de 50 mm. Los tiempos de retención mínimos son del orden de 15 segundos para espesores de agua inferiores de 120 mm.

Las ventajas de la desinfección con rayos ultravioletas incluyen la automatización del proceso, no tener que manejar producto químico alguno, corto tiempo de contacto, ausencia de efectos sobre las características químicas y sabor del agua, bajo rendimiento y ausencia de efectos perjudiciales en caso de dosis excesivas. Las desventajas estriban, fundamentalmente, en la falta de protección residual, coste relativamente alto y la necesidad de que el agua tenga una turbiedad baja para asegurar la penetración de los rayos. Este proceso se usa, principalmente, en aplicaciones industriales y en pequeños abastecimientos privados. La eficiencia de producción de rayos ultravioleta con lámparas modernas es del orden del 30 %.

Los valores extremos del pH, tanto altos como bajos, pueden dar lugar a una destrucción importante de las bacterias. La precipitación del magnesio (asociado con pH de 11) puede producir reducciones de coliformes superiores al 99,9 %. Los ácidos minerales pueden conseguir reducciones similares pero, al igual que ocurre con



la cal, no se añaden al agua para desinfectarla. La reducción bacteriana que se obtiene por variación del pH es un resultado accidental al propósito que se trata de conseguir en ciertos procesos.

El *calor* puede ser utilizado como desinfectante, pero el método no es práctico a gran escala. La pasteurización a caudal continuo ha sido empleada con éxito en algunos sistemas de pequeño tamaño, pero su coste es muy elevado y no proporciona protección residual.

Los *ultrasonidos* a frecuencias de 20 a 400 kHz son capaces de esterilizar completamente el agua con períodos de retención de 60 minutos y conseguir porcentajes elevados de reducción para períodos tan cortos como 2 minutos. Los costes han resultado excesivos, aunque la combinación de la aplicación de ultrasonidos de corta duración y rayos ultravioleta puede ser atractiva desde el punto de vista económico.

Los *iones metálicos* como la plata, cobre, mercurio, tienen poder desinfectante. La plata es efectiva a concentraciones inferiores a aquellas que son perjudiciales para la salud humana (0,05 mg/l). Las ventajas del empleo de la plata incluyen la baja dosis necesaria, su facilidad de aplicación y la protección residual. Las desventajas son la posibilidad de absorción de plata en materias coloidales, de inhibición o precipitación por otros productos químicos, reducción de su eficiencia con la temperatura y su coste relativamente elevado.

Los *compuestos cuaternarios de amoníaco* son potentes desinfectantes pero no son aceptables para aguas potables debido a su coste, posibles efectos tóxicos y su sabor desagradable.

Otros agentes oxidantes, tales como el permanganato potásico, que se utilizan para la eliminación del manganeso o para el control de olores y sabores, tienen también poder germicida, pero son muy raramente empleados como agentes desinfectantes principales.

5.6. SUBPRODUCTOS DE LA DESINFECCIÓN

El nombre de subproductos de la desinfección parece implicar que son inherentes a cualquier proceso de desinfección, cuando realmente subproductos tóxicos pueden originarse cuando se emplea un oxidante fuerte aunque no se emplee por motivos de desinfección.

Algún autor (R.Trusell) ha llegado a proponer que se usara el término de subproductos de la oxidación.

El cloro ha sido el principal desinfectante de los abastecimientos de agua desde hace prácticamente un siglo.

Su empleo nunca fue discutido y los beneficios derivados de su empleo han sido

evidentes, atajando y eliminando las grandes epidemias y brotes de enfermedades hídricas, hasta que en 1.974, algunos investigadores como Rook en Holanda y Bellar en Estados Unidos, valiéndose de la cromatografía de gases y el espectrómetro de masas, pusieron en evidencia que el cloro reacciona con ciertas sustancias orgánicas conocidas como precursores, que se encuentran en algunas aguas y producen unas sustancias potencialmente carcinógenas, los trihalometanos, (THM), especialmente el cloroformo.

En 1.975 en Estados Unidos, la USEPA tomó cartas en el asunto y se examinaron diversas aguas tratadas de cinco grandes ciudades, determinando todos los compuestos volátiles posibles, identificando 72 compuestos y el 53% de ellos contenían uno o más halógenos.

Posteriormente, se hizo un estudio más extenso, abarcando a 113 ciudades. A finales de 1.976, la EPA publicó una lista con 1259 compuestos que se habían identificado en diversas aguas naturales y residuales, tanto en Estados Unidos como en Europa.

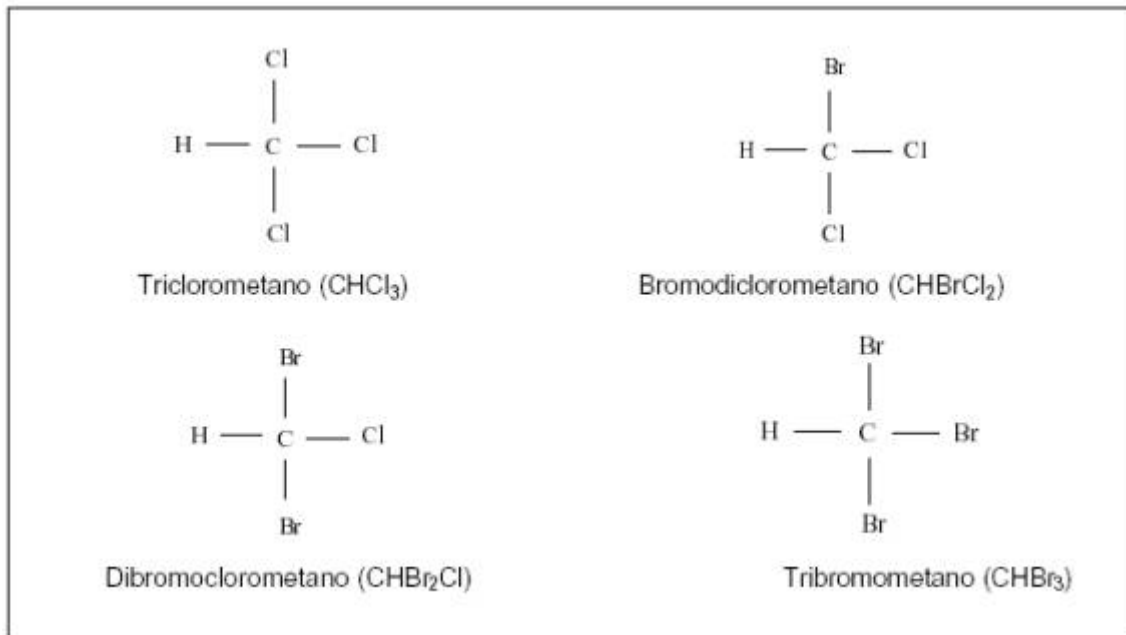
Este estudio concluyó que todos los sistemas de abastecimiento que utilizaban cloro libre en su tratamiento, contenían al menos 4 THMs en su agua tratada, cloroformo, bromodiclorometano, dibromoclorometano y bromoformo.

Esquemáticamente, la formación de subproductos de la desinfección (DBP_s en inglés) es la siguiente:

Desinfectante u oxidante + Precursores (Materia orgánica natural + Bromuros) ⇒ Subproductos de la desinfección.

La clase y cantidad de subproductos depende de varios factores como son el tipo de desinfectante u oxidante empleado, cantidad y naturaleza de los precursores presentes en el agua, tiempo de contacto, dosis aplicada, temperatura, pH y concentración de bromuro presente.

Respecto a éste último, que está presente en algunas aguas en concentraciones desde menos de 0,1 mg/l., hasta sobrepasar 1,0 mg/l., puede alterar de forma importante la concentración de subproductos (THM) bromados, a los que se le atribuye mayores efectos cancerígenos que a sus análogos enteramente clorados.



Puesto que el cloro es el agente desinfectante más utilizado, los derivados orgánicos clorados que se generan en la cloración de aguas, principalmente superficiales, han sido los más estudiados. La materia orgánica precursora de los subproductos de la cloración, son esencialmente los ácidos fúlvicos, ácidos húmicos, aminoácidos y nitrofenoles, que dan lugar a diferentes subproductos como los trihalometanos, ácidos haloacéticos, haloacetoneitrilos, cloropicrina, clorofenoles.

La dosis de cloro aplicada a un agua que contenga precursores de trihalometanos, así como el tiempo de contacto, es de suma importancia en la cantidad de subproductos formados. En el siguiente gráfico se observa la formación del principal y más elemental de estos subproductos, el cloroformo, en función del cloro aplicado y tiempo de contacto, en una determinada agua

Otra sustancia utilizada en la desinfección, como es el ozono y que puede eliminar la materia orgánica precursora de los trihalometanos, puede a su vez generar subproductos de oxidación no halogenados, como son aldehídos, cetonas, ácidos carboxílicos y bromatos.

El empleo de ozono en la fase final del tratamiento, puede dar lugar a la aparición de otros problemas, ya que es bastante habitual que, a pesar de las diversas etapas preliminares del tratamiento del agua, aún queden compuestos orgánicos capaces de ser transformados por la oxidación del ozono en compuestos biodegradables, carbono orgánico disuelto biodegradable, que es un nutriente que favorece el crecimiento bacteriano en la red, lo cual podría inducir a necesitar una mayor cantidad de cloro, con el consiguiente riesgo de producir más subproductos y aumentar los sabores desagradables. Para evitar o remediar este hecho, si se emplea ozono en la posdesinfección, es aconsejable el empleo conjunto de carbón activo que actuaría como un reactor biológico, eliminando el carbono orgánico disuelto biodegradable.

Otro desinfectante empleado en el tratamiento del agua es el dióxido de cloro, que no forma los subproductos halogenados referidos, pero puede llegar a formar compuestos clorados orgánicos no volátiles. Pueden generar clorito y clorato, ambos perjudiciales para la salud por los efectos hematológicos que producen. La formación de cloritos al emplear dióxido de cloro, se correlaciona con la materia orgánica que contenga el agua.

La combinación de los diversos productos empleados en la desinfección, en las distintas fases de esta, genera a su vez distintos subproductos, que de una forma resumida se presentan en el siguiente cuadro:

Estos subproductos los ha presentado la OMS como la concentración en el agua de bebida asociada a un riesgo de cáncer de 10^{-5} , es decir, un caso adicional de cáncer por 100.000 personas que consumen el agua con la concentración guía del subproducto en 70 años. La UE considera un riesgo de 10^{-6} en lugar del 10^{-5} propuesto por la OMS.

La Directiva Europea, 98/83, RD 140/2003, de 3 de Noviembre de 1998, fija un valor paramétrico para el total de trihalometanos de 100 mg/l, si bien para el período comprendido entre el quinto y décimo año, (1 de Enero de 2008), a partir de la entrada en vigor, el valor paramétrico será de 150 mg/l, indicando igualmente que los Estados miembros deberán procurar obtener un valor más bajo, cuando sea posible, sin afectar a la desinfección.

La correcta desinfección no puede abandonarse ni dejarse en segundo término ante un problema derivado de los subproductos de la desinfección, como la propia OMS establece que los criterios microbiológicos deben tener siempre preferencia y siempre que se pueda la concentración de subproductos deberá reducirse actuando sobre el proceso global de tratamiento.

Se considera que los efectos sobre la salud derivados de la polución de las aguas destinadas al consumo humano, pueden clasificarse en tres categorías:

- Riesgo a corto plazo, que a veces puede deberse al consumo de un sólo vaso de agua, este riesgo es principalmente de orden microbiológico.
- Riesgo a medio plazo, que requiere el consumo de agua durante semanas o meses, es el caso de un agua con elevado contenido en nitritos, nitratos, flúor, etc.
- Riesgo a largo plazo que requeriría el consumo de agua durante toda una vida, sería el caso de la mayor parte de los productos cancerígenos.

La garantía microbiológica del agua (riesgo a corto plazo) es el primero y el más importante de los compromisos de los suministradores del agua.

En ningún caso se debería aceptar la reducción de un riesgo a largo plazo frente a un riesgo a corto plazo. Si bien es necesario tomar muy seriamente los problemas derivados de los subproductos de la desinfección, la correlación entre estos subpro-

ductos y ciertos riesgos para la salud hay que tomarla con prudencia, ya que interviene otros muchos factores y a veces el hecho de que el agua tenga un elevado contenido en subproductos es una prueba de un mal tratamiento global del agua.

Una eficaz coagulación-floculación, filtración y un replanteamiento del punto de aplicación del desinfectante, puede rebajar estos contenidos elevados. No es imprescindible por tanto, suprimir el cloro como desinfectante, sino someter el agua antes de la cloración al tratamiento más adecuado.

En relación con los subproductos de la cloración debe quedar suficientemente claro que estos subproductos no sólo son imputables al cloro sino a la presencia en el agua objeto de la desinfección de determinadas materias orgánicas (precursores), lo cual nos llevaría a considerar que junto a la alternativa de sustitución del cloro como oxidante/desinfectante primario, se debería también tratar de eliminar estas sustancias orgánicas en el proceso de tratamiento antes, a ser posible de su contacto con el cloro, o bien si han llegado a formarse, utilizar algún proceso que los elimine.

La formación de los subproductos de la cloración, en concreto los trihalometanos y ácidos haloacéticos, tiene lugar en una primera fase relativamente rápida y otra posterior más lenta, en todo caso la reacción se completa a un 75-80% después de 24 horas de contacto y sigue más lentamente durante los 4 ó 5 días siguientes. Las reacciones pueden, pues, considerarse que son lentas.

Considerando que la cinética de la desinfección por medio de cloro es más rápida que la formación de los subproductos, podemos aprovechar esta circunstancia para una vez conseguida la desinfección con una precloración, eliminar o estabilizar el efecto subsiguiente del cloro libre ya sea mediante una decloración o mejor aún, formando cloraminas.

Las sustancias húmicas precursoras de la formación de los THM (suelen constituir el 50% de la Materia Orgánica Natural, MON), se originan principalmente por la degradación de sustancias vegetales, por arrastres de sustancias del suelo y por los propios procesos biológicos de las algas presentes en el agua, son compuestos de anillo aromático que son rotos cuando el cloro actúa sobre ellos formándose finalmente compuestos con uno o dos átomos de carbono (haloformos y a veces haloetanos).

En general, la formación de THMs se ve favorecida con el aumento de los precursores, aumento del pH, aumento de la temperatura, aumento de la dosis de cloro y aumento del tiempo de contacto del cloro con el agua.

Si los subproductos de la desinfección ya se han formado, se pueden reducir o eliminar algunos, mediante stripping con aire y adsorción con carbón activo en grano.

Habrà que tener en cuenta que los subproductos de desinfección pueden volver a formarse en la red de distribución, si se emplea cloro como desinfectante residual y por otra parte, también habrá que considerar que cuando se regenera el carbón activo granular por el que ha pasado agua clorada se pueden producir dioxinas y además la capacidad de adsorción del carbón activo se agota rápidamente cuando

se adsorben THMs, es por tanto mejor emplear el carbón activo para eliminar los precursores de THMs que para eliminar los THMs formados.

De lo anteriormente expuesto, se desprende la necesidad de revisar la práctica de la cloración, de manera que se reduzca la formación de estos compuestos orgánicos clorados, actuando en varias direcciones, salvaguardando siempre la calidad del agua.

En primer lugar, lo aconsejable sería que no llegaran a formarse los haloformas, pues una vez formados es difícil su eliminación con las operaciones convencionales que tienen lugar en el proceso de tratamiento del agua, siendo la aireación la técnica que elimina en mayor medida estos THMs.

Los precursores se reducen dentro del proceso de tratamiento en las fases de coagulación-floculación y filtración y con el empleo de carbón activo.

Señalamos algunas de las actuaciones que se pueden seguir para reducir la formación de estas sustancias:

- Ajustar durante la cloración el valor del pH, próximo a 7 y no a pH más altos.

- Cambiar el punto de cloración dentro del proceso, con objeto de eliminar la mayor parte de los precursores antes de entrar en contacto con el cloro, es decir, proceder a una coagulación-floculación y sedimentación parcial antes de la precloración.

- Ajustar la dosis de cloro y el tiempo de contacto, de forma que atendiendo a las necesidades bactericidas del agua, y después de haber reaccionado el cloro preciso con el amonio (velocidad de reacción rápida) , no sobre cloro, que llegaría a formar THMs.

- Finalmente, como actuación para disminuir o evitar la formación de THMs, debería no emplearse cloro en la desinfección. En este sentido cabe destacar el empleo de dióxido de cloro, ozono y cloraminas , que no generan THMs. En cualquier caso hay que tener presente que en la desinfección del agua no solo se generan THMs como subproductos de la desinfección , sino que existen otros muchos compuestos o subproductos generados en la desinfección , tanto al emplear cloro ,como al utilizar otros de los desinfectantes mencionados.

La reducción de los niveles de cloro aplicados en la desinfección del agua, es un hecho en diversas ciudades de Europa (Holanda, Alemania, Dinamarca) a veces por las presiones de los propios consumidores, debido al sabor provocado por el cloro como por los nuevos valores para los THM. En bastantes sistemas esto se conseguirá a muy alto costo y esfuerzo, principalmente en aguas de superficie y extensas redes de distribución y no deberá olvidarse lo ya indicado al comienzo del artículo en cuanto a que el riesgo que conllevan los subproductos de la cloración es muy débil ante el riesgo que comporta un agua no desinfectada.



eoi

6. PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS.

6.1. INTRODUCCIÓN.

Una planta de tratamiento de aguas potables es el conjunto de instalaciones, destinadas a mejorar la calidad del agua, que se localizan en un espacio físico relativamente reducido. Frecuentemente, la totalidad de los tratamientos que se efectúan sobre el agua de un abastecimiento se realizan en la planta de tratamiento. Sin embargo, en ocasiones, se realizan otros tratamientos fuera de la planta, ya sea en la captación (desbaste grueso o fino, desarenado, predecantación, recloración), e incluso en la red de distribución (recloración).

Así pues una planta de tratamiento es una instalación a la que llega una materia prima: agua bruta (o semielaborada) que, en términos generales, será un agua impotable y sale un producto elaborado: agua potable. Puede considerarse entonces como una auténtica "fábrica de agua potable".

6.2. CARACTERÍSTICAS DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE.

Las características de una planta de tratamiento de agua potable dependen de dos factores básicos: la calidad del agua bruta y el caudal a tratar.

La calidad del agua bruta es una variable que depende del tiempo. Es de esperar que, a lo largo de la vida de la planta, se producirán variaciones importantes en la calidad del agua bruta, presentándose las denominadas "puntas de contaminación" de forma estacional, con las lluvias, estiaje, etc. o aleatoria (accidentes). Una planta de tratamiento de aguas potables debe estar preparada para hacer frente a las puntas de contaminación hasta un cierto límite: aquellas que sean tales que cualquier punta superior (referida a las posibilidades de la planta) tenga una duración y frecuencia previsibles tales que pueda admitirse la parada en el suministro de la instalación durante 4 horas. Esta parada puede admitirse bien por disponerse de la capacidad de almacenamiento suficiente (bien sea de agua bruta o tratada) para hacer frente a la duración previsible de la contaminación, o bien por ser esta tan poco probable que resulta antirentable construir la instalación para hacerla frente.

Así pues, definida la contaminación límite, desglosada en sus componentes o sustancias contaminantes, puede establecerse el conjunto de tratamientos que van a tener como misión transformar el agua de tal composición, en potable. Sin embargo, estos tratamientos deben ser lo suficientemente flexibles como para adaptarse a las previsible variaciones de calidad en origen, entre los límites establecidos. A este respecto suele preverse la posibilidad de anular ciertos tratamientos, mediante los by-pass necesarios.

El caudal a tratar es otra variable temporal, es decir que depende del tiempo. La variación de la demanda a lo largo de los días, semanas, meses y años. El caudal punta a considerar en una planta de tratamiento será función, para un esquema de demanda dado, de la capacidad de almacenamiento (es decir, de regulación) del

abastecimiento. Así, como es frecuente, el almacenamiento está previsto para regular el día máximo, debe preverse que por la planta de tratamiento habrá de pasar en algún momento, el caudal medio del día de máximo consumo. Sin embargo, en una planta de tratamiento pueden distinguirse:

- La capacidad de tratamiento, como el máximo caudal que puede atravesar la planta, en condiciones límite de contaminación, y quedar tratado de forma eficaz y completa.
- La capacidad hidráulica, como el máximo caudal que, por condicionantes hidráulicos, tanto de la planta como de las conducciones, puede atravesar la planta.

Habitualmente, la capacidad hidráulica de una planta de tratamiento suele ser de un 20 a un 50% mayor que su capacidad de tratamiento. Obviamente, si en un momento dado, la planta trabajase en su capacidad hidráulica y con la contaminación límite, el agua quedaría deficientemente tratada. Sin embargo, en otras ocasiones, la planta puede superar su capacidad de tratamiento (si la calidad del agua bruta es superior a las condiciones límite) y quedar el agua perfectamente tratada.

Así pues, según las características del agua a tratar, podrá ajustarse el caudal máximo previsto con la capacidad de tratamiento (en cuyo caso, la capacidad hidráulica será un factor de seguridad), con la capacidad hidráulica (si es poco probable que se presenten simultáneamente las puntas de contaminación y demanda) o con un valor intermedio entre ambas.

Nuevamente, en este caso, la planta deberá ser lo suficientemente flexible como para permitir estas variaciones de caudal sin perjuicio para el tratamiento general, y de forma que pueda minimizarse los gastos de explotación.

6.3. PLANTAS DE TRATAMIENTO PARA PEQUEÑAS COMUNIDADES.

Las pequeñas comunidades (que para fijar un orden de ideas pueden definirse como aquellas cuya población es inferior a 5.000 o incluso hasta 10.000 hab.) tienen una problemática muy específica, en cuanto a tratamiento de aguas potables se refiere.

Entre las características que, habitualmente, tienen los abastecimientos de agua a una pequeña comunidad, merecen destacarse:

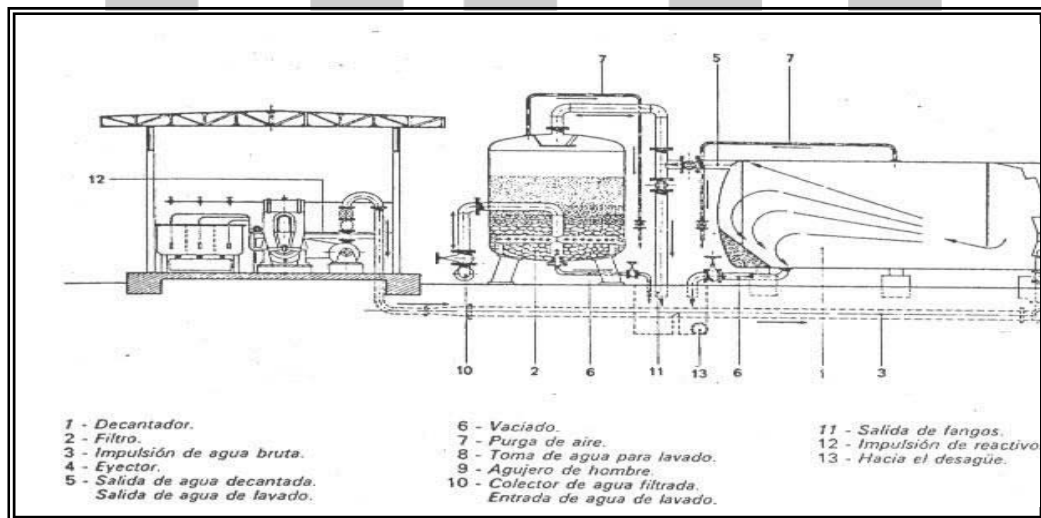
-Relativamente buena calidad del agua en origen, debida a sus pequeñas necesidades, que permiten un abanico más amplio soluciones y una mayor variedad de recursos utilizables. Esto permite, realmente, desechar las aguas de peor calidad. Por otra parte, la calidad del agua captada permite, en ocasiones, poner esta en la distribución con una simple cloración.

-Escasa capacidad económica para su explotación, propia de los pequeños

municipios, esto obliga, en general a la búsqueda de soluciones que requieran pocos gastos de explotación (energía, reactivos, etc.) y escasa mano de obra. En muchas circunstancias, es preferible encarecer el abastecimiento transportando el agua desde una distancia mayor, que complicar los tratamientos, cuya atención y vigilancia durante el periodo de explotación, pueden ser, en algunos casos, muy dudosamente eficaces.

Por estas razones, las plantas de tratamiento destinadas a resolver las necesidades en comunidades pequeñas deben ser compactas y muy automatizadas (con mecanismos sencillos que no encarezcan su coste), de fácil transporte, montaje y puesta en servicio. Pueden clasificarse en:

- Plantas que funcionan a Presión en todos sus elementos y que generalmente se emplean para las gamas más pequeñas de caudales (de 1,5 a 30 m³/hora).
- Plantas que funcionan, total o parcialmente, a lámina libre que suelen emplearse para caudales mayores que las anteriores (de 10 a 100 m³/hora).



6.4. PLANTAS DE TRATAMIENTO MEDIANAS Y GRANDES.

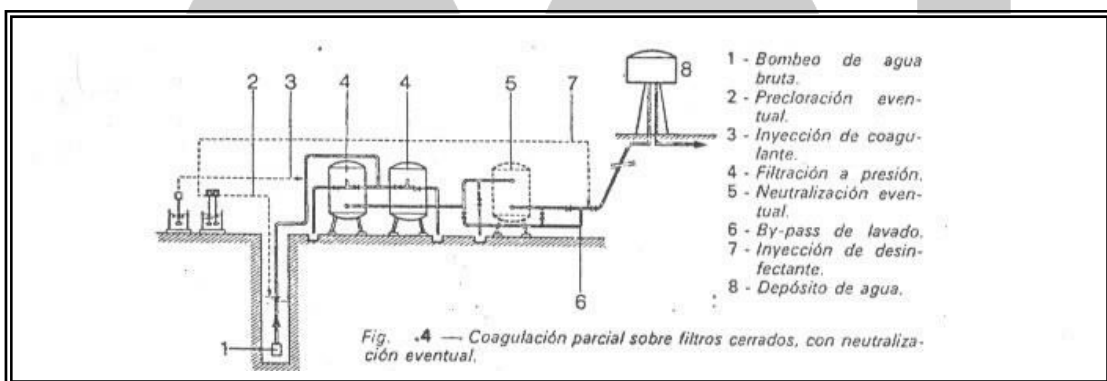
Las plantas de tratamiento de aguas potables medianas y grandes se caracterizan en general por una diferenciación clara de las zonas de almacenamiento, manipulación y dosificación de reactivos y por una automatización elevada en su funcionamiento.

Las distintas concepciones del almacenamiento y manipulación de reactivos están condicionadas por la importancia del caudal a tratar y por las reservas que deben preverse. En general, suelen realizarse en edificios especialmente diseñados para esta misión, en el que se incluyen todas las operaciones necesarias.

El automatismo de los órganos de mando está relacionado esencialmente con el tamaño de las válvulas que deben accionarse, el personal de que se pueda disponer y la complejidad de la instalación, entre otros. Frecuentemente, los órganos de mando se centralizan en la denominada "sala de mandos y control" lugar en donde se centraliza toda la información automatizada en un panel sinóptico dotado de señales ópticas, acústicas y digitales y desde donde pueden accionarse todos (o al menos la mayor parte) de los dispositivos de la planta.

Las plantas de tratamiento de aguas potables de tamaño mediano y grande están muy influenciadas, en su concepción, por las características físico—químico—bacteriológicas del agua a tratar y por la calidad deseada para el agua tratada.

Para su estudio, las plantas de tratamiento medianas y grandes se subdividirán, atendiendo a las características del agua, en los siguientes casos:

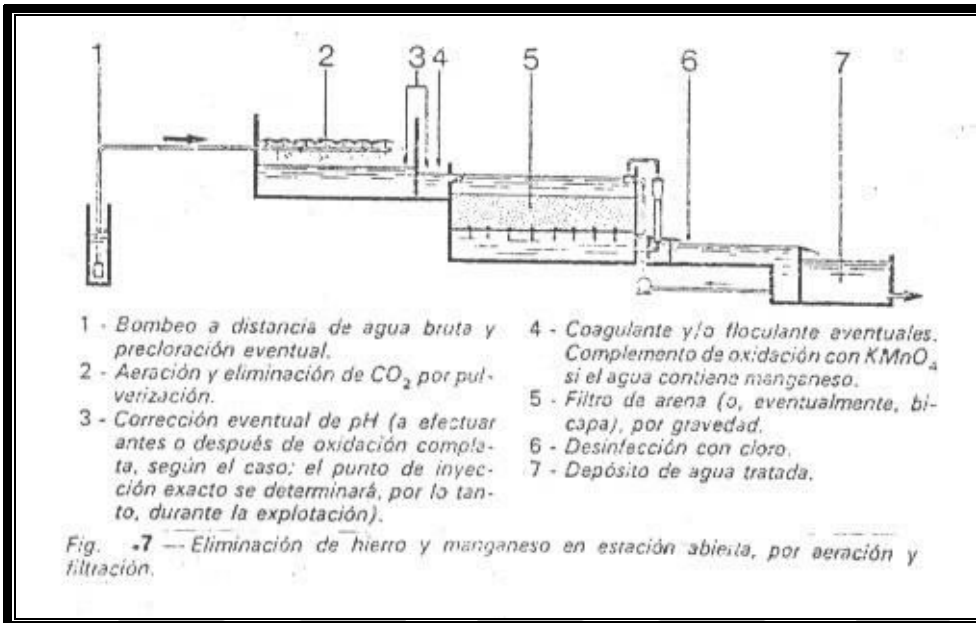


La Figura representa una instalación típica, en lámina libre, destinada al tratamiento de aguas superficiales poco contaminadas o de embalse. Consta de una precloración, una coagulación sobre filtro, corrección del pH, cloración y neutralización del exceso de cloro. Eventualmente puede añadirse cal y amoníaco.

Para pequeñas cantidades de hierro y manganeso se utiliza con frecuencia el esquema presentado en la figura 7 a base de pulverización, coagulación sobre filtro, con oxidación eventual por permanganato potásico y desinfección.



eoí escuela de negocios



EOI



eoi | escuela
de negocios



WU

7.- TRATAMIENTO DE LAS AGUAS INDUSTRIALES

El agua, las soluciones y las suspensiones acuosas desempeñan un papel muy importante en los diversos procesos Industriales. Cada uno de ellos posee, con respecto a la calidad del agua, sus propias exigencias, de las que no es posible hacer un estudio exhaustivo dentro de esta exposición.

Existen, sin embargo, ciertas directrices y puntos comunes, que se exponen a continuación.

En primer lugar, se examinarán, dentro de las generalidades, la misión de las aguas de aportación y las cuestiones de reutilización y recirculación de las aguas, a las que cada vez se concede mayor atención. Seguidamente, se pasará revista a los empleos y tratamientos del agua en las industrias más importantes, empezando por la metalurgia de los metales corrientes. Entre estos usos, se mencionan la hidrometalurgia y el tratamiento de salmueras, que se han elegido porque en ellos intervienen técnicas de uso corriente en tratamiento de agua.

7.1. PROBLEMAS GENERALES

En el tratamiento de las aguas potables, que debe responder a unos fines comunes, se utiliza un número relativamente limitado de procedimientos, aunque éstos ciertamente se perfeccionan cada vez más; la industria requiere, en cambio, para unas necesidades múltiples, unas calidades de agua para cuya obtención no siempre pueden adoptarse unos procesos comunes de depuración.

Es necesario el empleo de técnicas diversas que incluyen procesos elementales de depuración: físicos, químicos, a veces térmicos, e incluso biológicos.

Por otra parte, la industria necesita generalmente caudales de agua instantáneos muy importantes, y produce en muchos casos una contaminación física o química de la que es responsable frente a la colectividad. El encargado de realizar el proyecto de una nueva fábrica, o de la explotación del servicio de aguas de una fábrica ya en marcha, deben estudiar, por tanto, una verdadera economía del agua dentro de la misma, teniendo en cuenta sus diversos usos, las posibilidades de organización de la red de distribución, los pretratamientos comunes y las posibles recirculaciones.

Sólo entonces podrá emprenderse la elaboración de los tratamientos principales.

1.1. Funciones elementales del agua

En la industria, las funciones elementales más frecuentes son las siguientes:

- producción de energía por vaporización, en centrales clásicas o nucleares, que exige un agua de la mayor pureza,
- transporte de calorías para la condensación de vapor, refrigeración de fluidos, o de



aparatos. Se emplean generalmente caudales grandes y por ello se acepta un agua de calidad media,

- el transporte de materias primas o de desechos: - remolachas en la industria azucarera,
 - cascarilla de trenes de laminación;
 - carbón en los lavaderos;
 - fibras de papelera.
-
- acción mecánica (eliminación de la calamina, a una presión de 60 a 150 bar, del acero de un tren de laminado, o de un tren de banda continua, etc.);
 - fabricación de productos (papeleras, industrias textiles y alimenticias, etc.), para las cuales existen normas estrictas y específicas generalmente;
 - transporte de iones en hidrometallurgia o galvanoplastia;
 - aclarado de piezas o lavado de productos (tratamientos de superficies, semi-conductores, industrias agrícolas o de la alimentación ...) que exigen, según los casos, una calidad de agua potable, una esterilidad absoluta o incluso una desmineralización total;
 - extinción de productos incandescentes (escorias, cok, etc.);
 - lavado de gases, proceso en plena expansión, utilizado en la industria metalúrgica y en las industrias químicas;
 - preparación de baños en utilidades diversas (electroforesis, aceites solubles, etc.);
 - acondicionamiento de aire, en ciertas aplicaciones, textiles u otras.
 - mantenimiento de la presión en yacimientos petrolíferos por inyección de aguas tratadas con gran cuidado y acondicionadas contra la corrosión, los lodos y la incrustación.

1.2. Ejemplos de caudales utilizados

Son extraordinariamente variables según las industrias: desde unos ml/d a varios m³/seg.

Las centrales térmicas, la industria siderúrgica y las papeleras, son los mayores consumidores, especialmente en sus procesos de refrigeración, pudiendo citarse los siguientes valores:

- 30 M³/s de agua de refrigeración de los condensadores en una central clásica de 700 MW, con un calentamiento de 7, °C;



- 40 M³/s en una central termonuclear- de 900 MW, con un calentamiento de 1 a 12 DC;

- para elaborar 1 t de acero se emplean 200 M³ lo que corresponde a 12.000 m³/h para el descalaminado y la refrigeración de un tren de banda de 4 millones de t/año;

- se emplean 50 a 300 M³ para elaborar 1 t de papel, es decir, 10 000 m³/h para una máquina de papel de periódico de 100 t/d. Estos valores corresponden a caudales instantáneos en los circuitos.

Si se efectúa una recirculación, pueden ser suficientes pequeñas aportaciones, en muchas industrias.

1.3. Alteraciones del agua en su utilización

En cada uso, el agua sufre una alteración que puede consistir en una modificación física, química o biológica.

El autor de un proyecto o el encargado de la explotación deben tener siempre en cuenta, al estudiar una red, las siguientes posibilidades de alteración, y adaptar en consecuencia su esquema:

- calentamiento;
- disolución de gases (CO₂, SO₂, H₂F), de polvos (CaO) o de productos químicos, o, por el contrario, desgasificación (CO₂, H₂S);
- arrastre en forma de suspensión de polvos diversos;
- precipitación de sales poco solubles (CaCO₃, CaSO₄ etc.) por calentamiento;
- sedimentación de sales por vaporización del agua.

1.4. Aguas de aportación

1.4.1. ORIGEN, VARIABILIDAD.

Según el criterio de la Administración, la industria debe tender a utilizar preferentemente aguas de superficie, es decir, de ríos, lagos, o aun de lluvia. Tales aguas presentan características variables:

- de temperatura, según las estaciones;
- de salinidad, según la naturaleza de los suelos (cristalinos, silíceos o calcáreos), o también según la importancia de los vertidos aguas arriba;

- de contaminación orgánica, según la naturaleza del suelo y de los vertidos; -de contaminación física, por materias en suspensión, según el régimen de lluvias o de deshielo de las nieves.

Para poder determinar las condiciones de tratamiento, es necesario un conocimiento profundo de las variaciones, tanto de la naturaleza como de la importancia de estas contaminaciones.

Las aguas de pozo, por el contrario, presentan la ventaja de una cierta constancia de temperatura y de salinidad. Tienen a veces contenidos de hierro más o menos elevados, contenidos de materias orgánicas a veces ligados a contaminaciones crecientes, y poco oxígeno disuelto para poder asegurar la autoprotección de los metales frente a la corrosión.

1.4.2. TRATAMIENTOS PREVIOS

Cualquiera que sea el uso final del agua y los tratamientos posteriores a los que deberá someterse, es aconsejable efectuar, en algunos casos, en las proximidades de la toma de agua, un tratamiento general. Este deberá ir encaminado, en primer lugar, a la protección de la misma red de distribución, y constituirá, al mismo tiempo, la fase inicial de tratamiento o una fase suficiente para algunos de los principales usos del agua.

- En el caso de aguas de superficie, deben tomarse las medidas necesarias para evitar las obstrucciones y el sedimento de lodos.

- La obstrucción de orificios o tuberías por cuerpos extraños, es un problema elemental, que puede evitarse mediante un tamizado o un desbaste con rejillas, adaptados a la red que se quiere proteger.

Se utilizan rejillas con espacios entre barrotes de 2 mm, o tamices, sobre tambores o bandas, de abertura superior a 250 micras. Este tipo de protección es suficiente en general para el tratamiento de aguas de refrigeración de condensadores de una central térmica.

- Los lodos o sedimento de un mucilago aislante, de constitución fundamentalmente orgánica o de hidróxidos metálicos, son el resultado de una sedimentación producida al disminuir la circulación del agua, o de una floculación provocada por el calentamiento de la vena líquida. Según la sensibilidad de los aparatos y la contaminación del agua, deberá preverse un tamizado, en circuito abierto de 250 micras, por ejemplo, o, en casos concretos, un microtamizado con pasos que pueden reducirse hasta 50 micras.

A veces es necesaria, después del desbaste por rejillas, una filtración rápida a través de sílex, que elimina las materias en suspensión hasta varias micras. En presencia de fuertes contenidos de materias en suspensión, deberá preverse un desarenado y/o una decantación más o menos forzada.



- En el caso de aguas de pozo, existen, sobre todo, riesgos de abrasión por arena o de corrosión.

- La abrasión, debida a la presencia de grandes cantidades de arena en el agua, produce el desgaste de los elementos móviles y empaquetaduras de las bombas y aparatos diversos.

Deben utilizarse, por tanto, bombas que se adapten a este posible riesgo, y debe protegerse la red a la salida de las mismas mediante una filtración muy rápida sobre arena, un tamizado a presión, o, si la granulometría de la arena lo permite, un desarenado por ciclón.

- La corrosión es un fenómeno frecuente en las redes que se alimentan con agua de pozo, y se traduce generalmente en la aparición en las paredes de las tuberías, de adherencias en forma de tubérculos, que no deben confundirse con una incrustación.

Esta corrosividad es con frecuencia inherente a la ausencia de oxígeno.

El tratamiento de anticorrosión más conveniente consiste en una oxigenación y una filtración, que tienen la doble ventaja de eliminar la arena, y el hierro si se encontrara presente, y de introducir en el agua unos valores mínimos de oxígeno con los que se asegure el mecanismo de auto-protección de la red.

1.5. Acondicionamiento de las aguas industriales

En circuitos de aguas limpias, especialmente si son cerrados, es frecuente el empleo de reactivos de acondicionamiento para prevenir la incrustación o la corrosión y los lodos. Es necesario actuar con mucha precaución cuando se trata de aguas sucias, y especialmente en el caso de recirculación de aguas de lavado o de fabricaciones diversas. En este caso, deben tenerse en cuenta otros parámetros, como pueden ser:

- la presencia de salinidades variables;
- la existencia de fangos que puedan adsorber los productos secuestrantes y dar lugar, por lo tanto, a un exceso de consumo;
- el predominio de coloides cuya precipitación se impide mediante el empleo de dispersantes.

La adición de agentes biocidas es muy delicada, y el empleo de cloro resulta, a veces, imposible.

1.6. Reutilización y recirculación

El incremento del consumo de agua de buena calidad en la industria, y la necesidad de su economía con el fin de reducir simultáneamente la toma y el vertido, conducen a una utilización metódica del agua que puede manifestarse bajo dos aspectos

principales: la reutilización y la recirculación.

- La reutilización o utilización en serie, consiste en el empleo del agua, en circuito abierto, en dos funciones sucesivas y diferentes, con una posible fase intermedia entre ellas, de toma o de tratamiento. La segunda utilización es, generalmente, menos doble que la primera, por lo que puede emplearse agua de menor calidad. El ejemplo más común es el de la utilización del agua, en primer lugar, en la refrigeración de intercambiadores o condensadores, y después, en operaciones de lavado o aclarado.

Otro ejemplo interesante consiste en la toma de aguas residuales sanitarias, que se envían, después de un tratamiento terciario, como aportación a circuitos de refrigeración abiertos. Se tiende a evitar, sobre todo, cualquier aumento excesivo de características físicas tales como la temperatura, el contenido de materias en suspensión o todo elemento que favorezca los desarrollos bacterianos.

- La recirculación, por el contrario, consiste en reutilizar indefinidamente una misma agua para una misma función, compensándose con una aportación únicamente las inevitables pérdidas que puedan producirse, las purgas sistemáticas y la evaporación.

El grado de recirculación del agua puede ser entonces muy elevado, y la concentración, ya sea en sales minerales u orgánicas, o en materias en suspensión acumuladas progresivamente, puede resultar rápidamente molesta y necesitar una depuración continua.

Por lo tanto, se prevé la limitación de estas acumulaciones frente a:

- sulfatos y carbonatos alcalinotérreos, con el fin de evitar su precipitación;
- todas las sales minerales solubles, para no incrementar la conductividad de las aguas y crear corrosiones intolerables;
- materias orgánicas degradables, sales amoniacales y fosfatos, para no favorecer los desarrollos bacterianos aerobios o anaerobios;
- detergentes para evitar la formación de espumas y otros fenómenos molestos;
- materias en suspensión sedimentables e incluso no sedimentables, con objeto de evitar la obstrucción de los aparatos o su ensuciamiento;
- naturalmente, calorías, tanto para evitar la instalación de una refrigeración intermedia como el vertido al río de aguas demasiado calientes.

1.6.1. GRADO DE RECIRCULACIÓN

Según que exista o no proceso de evaporación durante la recirculación, el grado de recirculación de las aguas puede caracterizarse de dos formas:

* El grado de concentración: Es la relación entre la cantidad de agua aportada y la cantidad eliminada en forma líquida, siendo igual a la suma de la evaporación y de la sedimentación, p .

En circuitos de refrigeración provistos de refrigerantes atmosféricos, y cuando el



aire ambiente es puro, C expresa bastante sensiblemente el incremento de salinidad M agua M circuito S con relación a la M agua de aportación s .

En la refrigeración de condensadores y de intercambiadores, C varía generalmente de 1,5 a 6, si bien en casos extremos se han obtenido valores de 20 a 40. Los carbonatos pueden eliminarse fácilmente durante la depuración del agua de aportación, por lo que los sulfatos constituyen generalmente el factor limitativo principal. En el lavado de gases residuales, el proceso de concentración por evaporación se completa con la disolución eventual de ciertos gases o sales (SO_2 , CO_2 , SO_3 , NH_4 , Cl ...). El grado de concentración deja de expresar entonces el incremento de salinidad, que puede ser mucho más elevado para ciertos compuestos anteriormente señalados o, por el contrario, menor para algunos compuestos precipitables o adsorbibles.

* El grado de recirculación R , si no hay evaporación o si, en la práctica, ésta es despreciable, caracteriza la relación entre el caudal de agua en circulación Q y el caudal de agua aportado.

Al proyectar un sistema de recirculación industrial, deberá presentarse gran atención a la presencia de condiciones incontrolables, que limitan el grado de recirculación y, especialmente, al calentamiento, que se olvida con bastante frecuencia. Habrá de tenerse en cuenta la aportación de sulfatos procedentes del empleo de coagulantes metálicos en las depuraciones intermedias.

Los tratamientos en recirculación se destinan a limitar las acumulaciones nocivas anteriormente definidas. Estos se aplican a la totalidad o a parte del caudal circulante; según la naturaleza de los compuestos eliminados, pueden distinguirse diversos procesos de depuración:

- desmineralización total por intercambio iónico o por ósmosis inversa, utilizada sobre todo en galvanoplastia;
- decantación clarificación, para la eliminación de polvo de lavado de gases o de residuos de ataque de materiales diversos;
- filtración a través de material granular, que elimina el polvo de óxidos o los diversos precipitados cristalinos.

Interviene el tratamiento de una parte solamente del caudal del circuito (5 al 50 %) cuando es secundaria la importancia de la contaminación y cuando se desea una desconcentración parcial (precipitación derivada de la alcalinidad y de la dureza, filtración derivada del polvo atmosférico arrastrado con los refrigerantes).

Estas depuraciones deben evitar el empleo de coagulantes minerales y tienden más a utilizar polielectrólitos diversos. Se completan frecuentemente con un acondicionamiento anti-corrosión o anti-incrustación y un tratamiento biocida de las aguas recirculadas.

1.6.2. REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

A. Reutilización de aguas residuales domésticas en un circuito provisto de refrigeración atmosférica.

En algunos países se practica la reutilización de estas aguas, habiéndose adquirido

una cierta experiencia. Se supone que se parte de aguas residuales sometidas previamente a una depuración biológica seguida de un tratamiento terciario cuya finalidad es doble:

- precipitación de los fosfatos disueltos;
- eliminación de las materias residuales en suspensión y de las materias coloidales.

Se sabe, en efecto, que, además de la población bacteriana, la presencia de nitrógeno amoniacal y de fósforo influye en el comportamiento de las aguas residuales dentro de las torres de refrigeración, en las que la elevación de temperatura y la aeración crean condiciones ideales para el desarrollo biológico. El fósforo, en especial, se ha identificado como factor limitativo principal frente al crecimiento de algas. El amoníaco (10 a 40 mg/l) desempeña también un papel crítico en las recirculaciones con refrigerante atmosférico. Cuando su eliminación no resulta económicamente posible durante la depuración inicial de las aguas fecales, puede eliminarse por nitrificación en los refrigerantes. Como esta reacción produce una acidificación, el tratamiento del agua en el circuito debe comprender:

- el mantenimiento de una alcalinidad adecuada en el agua de aportación;
- la utilización intermitente o continua de agentes biocidas que no produzcan vertidos tóxicos;
- la desconcentración de los fangos biológicos producidos en el circuito por filtración derivada.

B. Reutilización de aguas residuales industriales.

Se trata de aguas de fabricación con predominio orgánico, depuradas previamente por vía biológica. Deben tenerse en cuenta las disposiciones anteriores, pero han de considerarse, además, las aportaciones de sales (Cl y SO₄).

La presencia de un contenido elevado de amoníaco puede inhibir el proceso de nitrificación y facilitar la explotación.

1.7. Organización de las redes

Dej examen de los problemas relativos al agua en la industria, se deduce que la creación de un nuevo taller o industria exige de sus promotores, si no un conocimiento profundo del tratamiento, al menos la conciencia de la complejidad de estos problemas y la necesidad de recurrir con tiempo suficiente a técnicos experimentados.

Por ello, el objeto de los capítulos siguientes no es sólo resumir al lector la adaptación de la tecnología de la depuración a las necesidades de la industria, sino también presentarle el panorama de los procesos particulares que puedan interesarle.

7.2. INDUSTRIAS METALÚRGICAS .

En las industrias de extracción y de elaboración de metales, se realizan operaciones químicas complejas y muy variadas. Sin embargo, por lo que respecta a la utilización M agua, pueden citarse dos denominadores comunes. Se trata M lavado de gases y de la hidrometalurgia, que se examinan a continuación,

2.1. Lavado de gases

Los gases que se desprenden en las operaciones de calcinación o de reducción de mineral se encuentran cargados de polvo y de ciertos constituyentes gaseosos perjudiciales. Antes de su vertido o reutilización, deben lavarse en depuradores húmedos alimentados con agua en circuito cerrado. Se observan fenómenos comunes a todos los metales y que tienen relación con:

- la disolución de gases tales como H₂S, SO₂, SO₃, CO, HF, HCN y NH₃;
- la puesta en suspensión de sales de Ca, Mg, K, Na, que se disuelven a continuación, parcialmente, por los ácidos correspondientes a los gases precedentes, bajo la acción de su presión parcial, relativamente elevada;
- la disolución de los metales;
- la rotura, cuando las aguas se ponen a la presión atmosférica, del equilibrio de solubilidad de las sales formadas;
- la precipitación de los hidróxidos metálicos por evasión del CO₂ equilibrante a través de los refrigerantes atmosféricos.

Todas estas reacciones -provocan, de forma más o menos directa, precipitaciones incrustantes, acidificaciones o considerables aumentos de alcalinidad.

Una vez conocida la naturaleza de los gases y la de la carga de mineral (índice de basicidad, porcentaje de alcalinos), podrán aplicarse reglas comunes de acondicionamiento de las aguas y de ajuste de su pH y de su alcalinidad.

Por otra parte, el tratamiento de aguas comprende, generalmente, una decantación, en una o dos fases, de las aguas recirculadas, y una posible eliminación de tóxicos de las purgas.

2.2. Hidrometalurgia

Se trata, en este caso, de la metalurgia por vía acuosa, aplicada a numerosos metales, frecuentemente extraídos de minerales de pequeña concentración (cobre, uranio, níquel, cobalto, cinc, aluminio, plomo, titanio, metales preciosos, etc.) y cuyas principales fases son las siguientes:

- Preparación de mineral;
- lixiviación (ácida, alcalina o neutra) con técnicas de percolación, agitación o lixiviación bacteriana;
- separación sólido- líquido: decantación, filtración, etc.;
- Purificación y/o concentración;
- extracción de metal: según el procedimiento adoptado, el metal se obtendrá en estado sólido, en forma de metal puro, o de uno de sus compuestos.

Existe gran diversidad en la concepción de los circuitos; su complejidad es mayor cuando se trata de minerales polimetálicos.

Los procedimientos y aparatos utilizados para todas las separaciones sólido-líquido, y para gran parte de las fases de purificación de los licores, son sensiblemente los mismos que para las aguas industriales: flotadores, decantadores de rasquetas, hidrociclones, desarenadores, centrifugadoras, filtros prensa, filtros al vacío, resinas intercambiadoras de iones. Pero, en hidrometalurgia, uno de los primeros problemas que se plantean es *tecnológico*, ya que casi siempre se presentan condiciones difíciles de pH y de temperatura: por lo tanto, en este aspecto, la elección de los mate-

riales constitutivos de los aparatos es primordial, y el mantenimiento de las instalaciones resulta, frecuentemente, muy costoso.

Por otra parte, los progresos conseguidos, en estos últimos años, en diversos campos del tratamiento de aguas, permiten mejorar actualmente la calidad de los licores, antes de su purificación o extracción:

- Materias en suspensión: después de la decantación, los licores contienen todavía, frecuentemente, 100 a 200 mg/l de materias en suspensión, a veces varios g/l. Estos coloides residuales son molestos, tanto en el caso de una extracción directa de metal como en el de una purificación mediante disolvente orgánico o por resinas. Muchos usuarios pretenden reducir su contenido a menos de 10 a 20 mg/l, lo que puede conseguirse por filtración (preferentemente a través de arena y en filtros metálicos cerrados) eventualmente precedida de floculación -decantación en un aparato de contacto de fangos (según los casos, Pulsator, Circulator o Turbo-Circulator) si el licor está muy cargado.

Estos decantadores de contacto de fangos también pueden utilizarse para reducir el contenido de sílice coloidal (floculación con polielectrólito y gelatina industrial o mediante otros floculantes orgánicos).

- Sulfato cálcico: los minerales calcáreos y dolomíticos tratados con ácido sulfúrico dan origen a licores sobresaturados de CaSO_4 causa de incrustaciones y de precipitaciones. Pueden suprimirse estos inconvenientes por medio de una decantación en los mismos aparatos de contacto de fangos, en presencia de precipitados anteriormente formados; este tratamiento puede completarse eventualmente con el empleo de agentes secuestrantes.

- Materias orgánicas: en el caso de una extracción líquido-líquido, el disolvente residual perjudica a la precipitación de metal, sobre todo en el caso de electrólisis; puede eliminarse aproximadamente, un 80 a 90 % de metal por el procedimiento DEGRÉMONT de *coalescencia a través de arena*, que, además, presenta la ventaja de eliminar de 60 al 70 % de las materias en suspensión de la fase acuosa, sin riesgo de atascamiento irreversible. Este tratamiento puede completarse con una filtración a través de carbón activo en grano.

La figura muestra las mejoras que pueden introducirse en los diferentes circuitos, aprovechando la experiencia adquirida en tratamiento de aguas; el ejemplo que aquí se recoge consiste en una electrólisis después de extracción por disolvente.

2.3. Siderurgia

Esta industria, gran consumidora de agua, produce una contaminación especialmente física. Por ello, desde hace tiempo, utiliza sistemáticamente circuitos cerrados y emplea equipos de tratamiento adaptados a las condiciones de trabajo específicas que se presentan en los siguientes circuitos.

2.3.1. COQUERÍA

- Circuito de refrigeración de condensación indirecta de gases.
- Circuito de eliminación de polvo por vía húmeda de los humos en la descarga M horno de coque (decantadores y filtros especiales DEGRÉMONT).
- Circuito de eliminación de polvo por vía húmeda de los gases en la carga M horno



de carbón precalentado.

2.3.2. ALTOS HORNOS

- *Refrigeración de órganos de aftos hornos*, tales como toberas, timpas y cajas de aire. Puede efectuarse por circulación de agua en equilibrio carbónico o acondicionada con cromatos. En circuitos no cerrados, es necesario filtrar a velocidad muy rápida una parte del agua del circuito para mantenerla con un grado mínimo de limpieza.

- *Apagado de la escoria*: la escoria, producto abrasivo y poco denso, puesto en suspensión en grandes caudales discontinuos, se retiene en decantadores y depósitos de fondo filtrante. Las aguas son muy calientes y contienen compuestos sulfurados o cianurados.

- *Lavado de gases de aftos hornos*: el agua procedente de los lavadores de gases se encuentra más o menos cargada de materias en suspensión o de cenizas finas, según el grado de elaboración de la depuración física de los gases. Aunque hace algunos años era suficiente la instalación de un decantador de rasquetas, circular o longitudinal, y podía efectuarse el vertido de un agua simplemente decantada, actualmente es necesario prever un tratamiento químico de depuración, incluso una floculación, para poder verter el agua, o, especialmente, para poder recircularla sin producir el ensuciamiento de los equipos generalmente delicados de los lavadores de gases. Este tratamiento lleva consigo la utilización de floculantes o de dispersantes, de ácido o de cal. La alimentación de los equipos de los lavadores, especialmente de los Venturi, puede exigir el empleo de agua filtrada.

2.3.3. REDUCCIÓN DIRECTA

Este nuevo procedimiento, en vías de desarrollo, consume gran cantidad de agua:

- Para el lavado y refrigeración de los gases de reducción o la refrigeración de esponjas de hierro. Los volúmenes de agua que se utilizan (12 a 20 M^3 por tonelada de esponja) son mayores que en altos hornos y, debido a la elevada temperatura de los gases, estas aguas salen muy calientes de los lavadores (50 a 60 $^{\circ}C$). La cantidad de polvo recogida es del orden de 4 a 15 kg por tonelada de esponja, según los procedimientos (Korf, Midrex, Purofer, H.Y.L. etc.).

- Para la refrigeración de la maquinaria (compresores y refrigerantes de aceite) y refrigeración directa de los gases. Para la producción de vapor de reformado del gas de proceso, se requiere un importante consumo de agua desmineralizada.

2.3.4. CONVERTIDORES

La utilización preponderante de los procedimientos LD, OLP, LWS o BOS requiere circuitos importantes:

- Aguas destinadas a la refrigeración de la cuba y de la lanza (que a veces se realiza por vaporización).

- Aguas de lavado de gases: su tratamiento comprende una decantación seguida de acondicionamiento anti-incrustación. Según las técnicas de acería, la alcalinidad, muy elevada, de las aguas, es cálcica o sódica, y, en el primer caso, el agua puede

ser extremadamente incrustante.

El funcionamiento de los convertidores es discontinuo y el agua que se vierte presenta grandes variaciones de temperatura, pH y contaminación química (SO₂, CaO) o física (polvos de óxido de hierro y de escoria). Debe preverse un tratamiento en un desarenador o un hidroción, antes de la depuración principal, concebida como en el caso de lavado de gases de altos hornos, pero adaptada a las variaciones de la contaminación.

2.3.5. COLADA CONTINUA

Son frecuentes tres circuitos:

Refrigeración de la lingotera en circuito cerrado, con aportación de agua desmineralizada.

- Refrigeración de la máquina, en circuito tradicional, con acondicionamiento inhibidor bien adaptado.
- Aspersión de la máquina y de paquete con producción de virutas de descalaminado y de escoria de oxicorte. El arrastre de estas materias a las aguas hace necesaria su decantación y su filtración, según técnicas aplicadas en los laminadores en caliente. Debe tenerse en cuenta la presencia de contaminaciones, a veces considerables, debidas a fluidos hidráulicos (aceites, esterfosfatos, glicol).

2.3.6. LAMINACIÓN EN CALIENTE

Se trata de instalaciones muy variadas, desde el tren de banda, que pone en circulación un caudal total que puede alcanzar hasta 60 000 m³/h, los «blooming-slabbings», los trenes de chapa gruesa y de perfiles comerciales, hasta los trenes de palanquilla, de barras y los trenes de alambre de las pequeñas acerías. A estas unidades clásicas, hay que añadir ahora:

- el descascarillado automático, generador de grandes cantidades de escoria granulada;
- la refrigeración de paquetes, en piscina, en túnel o por aspersión, en la que interviene grandes caudales sin que se produzcan fuertes contaminaciones..

Unos circuitos de refrigeración separados equipan a los motores, las cubas de aceite y los hornos de recalentamiento.

Los circuitos de descalaminado se destinan a la eliminación previa de óxidos diversos (wurtzita, hematita) por erosión hidráulica. El agua se carga entonces de partículas finas, o cascarilla, más o menos numerosas y más o menos finas según el tipo de tren y la dureza de acero. El tratamiento debe prever una decantación antes de bombeo, en unas fosas de cascarilla adecuadamente dispuestas, o en unos desarenadores circulares que, impropriadamente, se denominan hidrociones.

Según la concentración y el tamaño de la cascarilla que permanece en el agua después de esta primera operación, se decanta el agua y se filtra, o simplemente se filtra.

Como estas aguas tienen, generalmente, un poder de atascamiento pequeño, se emplean filtros de gran velocidad, horizontales, o verticales con gran altura de material filtrante (monocapa tipo FV2B o bicapa tipo UHR). La carga de materias en suspensión producida representa, a la entrada de las fosas de cascarilla, de 0,5 al 4

% de la masa de metal utilizada.

2.3.7. LAMINACIÓN EN FRÍO

En la elaboración de productos laminados de pequeño espesor y de acero galvanizado, se realizan operaciones de pretratamiento del metal, como son el desengrase y especialmente el decapado. Este último se realiza con ácido sulfúrico, y, cada vez con más frecuencia, con ácido clorhídrico. Como consecuencia de ataque de la capa de óxido, se tiene en los baños de ataque y en las aguas de lavado una disolución de hierro ferroso, en forma de sulfato o de cloruro.

En los dos casos, es necesario tratar las aguas ácidas y cargadas de hierro, en varias fases sucesivas de neutralización con cal viva, oxidación por aire y decantación. Generalmente, debe preverse una instalación de espesamiento de los fangos producidos. Las cantidades de reactivos utilizados y de fangos obtenidos son considerables. Es conveniente tratar por separado los efluentes de los circuitos de desengrase, demasiado ricos en grasas y jabones, para poder efectuar una filtración de los fangos de decapado.

Son necesarias instalaciones de desmineralización, en aportación o en circuito cerrado, para la alimentación de los aclarados finales de los talleres de cincado o de estañado. Para la preparación de los voluminosos baños de aceites solubles, se precisa, igualmente, un agua muy pura y desendurecida.

2.3.8. FUNDICIÓN

Las aguas de lavado de los gases de los cubilotes deben someterse igualmente a una depuración. Según se trate de cubilotes de aire caliente o de aire frío, la instalación estará constituida por un decantador con o sin floculación previa.

2.4. Metalurgia del cobre

o La elaboración del metal puede hacerse por vía seca o por vía húmeda, según la naturaleza del mineral. Cada vez se utilizan más los procedimientos hidrometalúrgicos (ver página 713) en los que se aplica una lixiviación con ácido sulfúrico y una electrólisis, puesto que con ellos pueden tratarse los minerales pobres o los residuos de flotación; simultáneamente, va aumentando el empleo de resinas iónicas para la adsorción de iones y, sobre todo, la extracción líquido-líquido (o extracción por solvente) para el tratamiento de las soluciones antes de la precipitación del metal, con objeto de poder, según el caso:

- purificar el licor para obtener un producto inmediatamente comercializable; - enriquecer los licores de ataque poco concentrados.

Las mejoras citadas anteriormente encuentran aplicaciones muy interesantes en la hidrometalurgia del cobre; en la figura, puede verse una instalación de filtración a través de arena, realizada en una mina de cobre de Zambia.

* El laminado del cobre produce perfiles, cables o hilos.

En las operaciones de desbaste se efectúa una eliminación hidráulica de la calamina de la superficie del metal, y el agua residual de estos procesos contiene óxidos de

cobre en suspensión, productos que generalmente interesa recuperar, por una simple decantación, mediante un ciclón, o por una filtración simple, mecánica o sobre arena, según la granulometría de los óxidos. El trefilado consiste generalmente en una inmersión del hilo en baños de aceite soluble, preparados en condiciones determinadas y que admiten un tratamiento de conservación.

La elaboración de ciertos cables eléctricos, o la de superficies destinadas a recibir un acabado posterior, exige un decapado previo con ácido sulfúrico. Este decapado da lugar a la formación simultánea de cobre metálico en suspensión y sulfato de cobre en solución. El baño de ataque, rico en sulfato de cobre, se regenera por electrólisis, con lo que se recupera una parte de; cobre en los cátodos. Puede efectuarse también una recuperación de; sulfato de cobre que arrastran las aguas de lavado, después de su concentración en un intercambiador de cationes, cuyos eluidos ácidos se recirculan hacia la instalación de electrólisis.

2.5. Metalurgia del níquel

* La hidrometalurgia extractiva se refiere aquí, especialmente, a los minerales silicatados pobres (garnierita, lateritas). Durante mucho tiempo, sólo se ha utilizado el procedimiento por lixiviación con amoníaco o carbonato amónico. Actualmente se emplean otros métodos de lixiviación: sulfúrico (en caliente y a presión), por cloruración.

* El afino de matas se hace igualmente por hidrometalurgia, con dos principales procedimientos de ataque: con ácido sulfúrico o con cloro; en ambos casos, el metal se extrae por electrólisis. El procedimiento con cloro puede comprender, además, una purificación por solvente y/o por resina intercambiadora de iones, así como una desulfatación con cloruro bórico; pueden introducirse importantes mejoras mediante tratamientos complementarios: filtración a través de arena, coalescencia y/o adsorción con carbón activo en el caso de una extracción por solvente.

2.6. Metalurgia de cinc

o El enriquecimiento de la blenda se efectúa mediante una operación de flotación. Se producen grandes volúmenes de aguas residuales cargadas de ganga y de sales de cinc en suspensión, o en solución. La toxicidad de estas sales impide su vertido y es necesario efectuar un tratamiento de alcalinización con el que se consigue la total precipitación de; cinc en unos clarificadores.

o Las aguas de lavado de los gases de altos hornos se clarifican por decantación lenta, en decantadores de rasquetas, con recirculación eventual de fangos. Se reducen los efectos perjudiciales de algunas reacciones secundarias mediante dispositivos apropiados.

o En hidrometalurgia, los minerales sulfurados se someten, en primer lugar, a un desbaste, y seguidamente a una lixiviación con ácido sulfúrico, una separación sólido-líquido, una precipitación de los demás metales (Cu, Ni, Cd) con polvo de cinc, y a una electrólisis en la que se recoge el cinc catódico (recirculándose el H₂SO₄). También son aplicables a este caso los procedimientos de extracción por solvente. Para la valoración de minerales pobres, puede aplicarse un tratamiento



con amoníaco o sosa.

2.7. Metalurgia de aluminio

Comprende la extracción de la alúmina a partir de la bauxita y la electrólisis de esta alúmina en presencia de un fundente, la criolita.

* La extracción de la alúmina se obtiene por ataque alcalino de la bauxita según el procedimiento Bayer, y requiere la decantación de una solución acuosa de aluminato sódico, a una temperatura de 95 °C, que contiene en suspensión óxidos de hierro y sílice (fangos rojos).

Para el tratamiento, se utiliza un conjunto de decantadores de rasquetas circulares con los que se consigue una decantación fraccionada. La sedimentación de los fangos rojos mejora mucho con el empleo de un ayudante orgánico específico. La descomposición del aluminato por hidrólisis y su enfriamiento a 50 °C, da lugar a la precipitación de la alúmina, que seguidamente se calcina.

* La electrólisis de la alúmina produce la liberación de grandes volúmenes de gases, más o menos concentrados en SO₂, fluoruros, o ácido fluorhídrico, según se trate de un horno de ánodos precocidos o de ánodos continuos. Es necesario lavar estos gases para evitar la contaminación atmosférica. Las aguas de lavado, ácidas o alcalinas, deben neutralizarse y pueden recircularse hacia los lavadores, con pequeñas pérdidas de agua. El decantador Circulator se adapta perfectamente a este tratamiento.

La elaboración de ciertos cables eléctricos, o la de superficies destinadas a recibir un acabado posterior, exige un decapado previo con ácido sulfúrico. Este decapado da lugar a la formación simultánea de cobre metálico en suspensión y sulfato de cobre en solución. El baño de ataque, rico en sulfato de cobre, se regenera por electrólisis, con lo que se recupera una parte del cobre en los cátodos. Puede efectuarse también una recuperación del sulfato de cobre que arrastran las aguas de lavado, después de su concentración en un intercambiador de cationes, cuyos eluidos ácidos se recirculan hacia la instalación de electrólisis.

2.8. Metalurgia del uranio

* La extracción del uranio se efectúa por ataque de la mena con ácido sulfúrico o con una lejía alcalina. Comprende, en esta fase:

- una separación entre los estériles y el líquido uranífero por decantación y filtración;

un tratamiento químico por uno de los métodos siguientes:

- concentración a través de resinas intercambiadoras de iones;
- extracción por solvente (tributilfosfato o aminas líquidas);
- precipitación del uranio en forma de uranato amónico, cálcico o magnésico, partiendo del eluido de regeneración de la resina o por separación del solvente enriquecido y del líquido estéril.

En caso de ataque ácido, el agua ácida desprovista de uranio debe someterse a una neutralización con cal, con separación del sulfato cálcico precipitado en un decantador de rasquetas.



En caso de extracción por solvente, puede recuperarse éste por coalescencia.

* En el tratamiento de barras de uranio irradiadas, procedentes de reactores nucleares, intervienen técnicas de filtración, de desmineralización y de acondicionamiento, en la fase de las piscinas de almacenamiento y en la del desvainado de las barras extraídas de las pilas.

7.3. INDUSTRIAS DEL PAPEL

Las calidades que deben respetarse en la fabricación de las pastas de papel y de los papeles, se definen, para cada categoría de productos (papeles finos, papeles Kraft blanqueados o crudos, pastas de diversas procedencias) en las normas americanas TAPPI (Technical Association of the Pulp and Paper Industry).

Según estas normas, las aguas de río brutas deben clarificarse por decantación o flotación, normalmente después de su coagulación. A veces se descarbonatan con cal en un decantador de contacto de fangos, y se someten generalmente a un tratamiento final de filtración rápida.

Estas industrias (en especial las fábricas de preparación de pasta) son grandes consumidoras de vapor. En ellas, el tratamiento de las aguas de alimentación de calderas representa un importante capítulo.

7.4. INDUSTRIAS AGRÍCOLAS Y ALIMENTARIAS

4.1. Azucareras y refinerías de azúcar

AZUCAR DE REMOLACHA

Las técnicas de tratamiento de aguas intervienen en las fases sucesivas de la fabricación:

* *Lavado de remolachas*: recirculación de las aguas usadas hasta unos decantadores de rasquetas, de forma que se recupere el agua después de la separación de los fangos (tratamiento anti-algas, floculación con polielectrolitos).

* *Difusión de las cosetas* (preparación de jugo bruto): tratamiento sobre intercambiadores de cationes de las aguas condensadas amoniacales, recirculadas en cabeza de la difusión; desinfección con cloro.

* *Tratamiento de jugos ligeros*:

- Descalcificación de jugos de segunda carbonatación (protección contra incrustaciones de los aparatos de evaporación). La resina catiónica utilizada puede regenerarse por el método clásico -con cloruro sódico- o según un procedimiento más reciente, por medio de los desagües pobres procedentes de jugo descalcificado (supresión de los efluentes de regeneración fuertemente cargados de sales minerales).
- Desmineralización de jugos por doble intercambio de cationes y aniones (reducción de porcentaje de melazas).
- Eliminación del color de los jugos, a través de carbón activo o resinas adsorbentes.

* *Concentración de jugos, cristalización del azúcar:*

- Acondicionamiento de jugos en evaporadores.
- Tratamiento de aguas de aportación a calderas en caso de insuficiencia de los retornos de condensados (principalmente en azucareras que comprenden una planta de elaboración de jarabes o una destilería).

* *Tratamiento de sub-productos (residuos o melazas) con el fin de reducir el porcentaje de azúcar-melaza:*

- Tratamiento de los desagües a través de resina catiónica regenerada con cloruro magnésico (procedimiento Quentin). La sustitución de los iones Na y K por Mg reduce el azúcar retenido en la melaza.
- Desmineralización de los desagües o melazas por intercambio iónico, con un posible tratamiento complementario para la obtención de azúcar líquida. Debe señalarse que en estos procedimientos habrá de tenerse en cuenta la necesidad del tratamiento antes del vertido de los efluentes de regeneración. Puede aumentarse la rentabilidad de este tratamiento mediante la concentración de los efluentes y la comercialización de los productos recuperados (sales amoniacales y potásicas, aminoácidos).

4.1.2. AZÚCAR DE CAÑA

En la fabricación de azúcar de caña, los métodos de clarificación industrial son aplicables a la purificación de jugo bruto:

- decantación acelerada de los jugos tratados con cal;
- flotación de los jugos depurados, para separación del bagazo residual.

4.1.3. REFINERÍAS DE AZÚCAR (REMOLACHA O CAÑA)

Son aplicables al tratamiento de jugos refundidos o a la eliminación de color de azúcares líquidos, los métodos de decoloración a través de carbón activo o resinas adsorbentes.

4.2. Industrias lecheras

Las técnicas de tratamiento de aguas pueden intervenir en:

- la depuración de aguas de alimentación de calderas y de circuitos de refrigeración;
- la clarificación y esterilización de aguas de fabricación;
- la eliminación de cloro de las aguas esterilizadas destinadas al lavado de mantequilla;
- la desferrización de aguas ferruginosas destinadas a la fabricación;
- la desmineralización o la desacidificación de leche o suero (fabricación de leche en polvo);
- el tratamiento de aguas condensadas procedentes de la concentración de la leche;
- la depuración de aguas destinadas a la reconstitución de la leche a partir de polvo.

4.3. Cervecerías, destilerías y fábricas de bebidas gaseosas

Los principales tratamientos de agua empleados son los siguientes:

- descarbonatación del agua de fabricación de la cerveza;
- desendurecimiento y/o descarbonatación del agua utilizada en la preparación de limonadas y sodas;
- descarbonatación parcial, seguida de una esterilización con supercloración y de una desodorización por carbón activo, de las aguas destinadas a la preparación de bebidas del tipo Coca-Cola, Pepsi-Cola, etc.;
- descarbonatación o desendurecimiento de las aguas utilizadas en el lavado de botellas, en las industrias anteriores. En caso de aguas brutas muy salinas, estos procedimientos pueden resultar insuficientes, por lo que deben combinarse con una desmineralización por intercambio iónico u ósmosis inversa;
- desmineralización de aguas destinadas a rebajar los alcoholes.

4.4. Conservas de legumbres

Generalmente es indispensable un desendurecimiento parcial de las aguas de fabricación. Además, puede resultar necesario reducir la salinidad total.

7.5. OTRAS INDUSTRIAS

5.1. Industrias textiles

En las diversas etapas de fabricación, estas industrias requieren grandes cantidades de agua que se someten a los tratamientos siguientes:

- desendurecimiento o desmineralización de las aguas destinadas a la preparación del hilo, especialmente cuando se trata de fibras artificiales;
- desendurecimiento, generalmente precedido de descarbonatación, de las aguas destinadas al blanqueo y tinte de las fibras;
- tratamiento de las aguas de alimentación de calderas, que requieren, generalmente, grandes volúmenes de aportación;
- desmineralización de las aguas destinadas al acondicionamiento M aire de las salas de hilado o tejido (ósmosis inversa, intercambio de iones).

5.2. Industrias químicas y farmacéuticas

Los problemas referentes a estas industrias son tan diversos que no es posible enumerarlos. Conviene recordar que, aparte de los problemas generales planteados por los circuitos de agua, en los que se aplica el conjunto de las técnicas descritas en la segunda parte, la Ingeniería Química propiamente dicha recurre con frecuencia a procesos y materiales idénticos a los del tratamiento del agua.

A título de ejemplo, se citan las aplicaciones del intercambio iónico para la resolución de numerosos problemas:

- purificación de glicerinas, gelatinas, ácido cítrico, ácido fosfórico procedente del ataque de huesos, formoij, alcohol metílico, etc.;
- concentración o separación de metales valiosos diluidos;
- separación y concentración de productos orgánicos ionizados: aminoácidos, antibióticos, etc.



En todos los casos, la experiencia tecnológica adquirida en el tratamiento del agua puede traspasarse inmediatamente al campo particular de la Ingeniería Química.

5.3. Fabricación de componentes electrónicos

En la fabricación de semiconductores se consumen grandes cantidades de agua, cuya pureza física, química y bacteriológica debe ser muy elevada, puesto que el menor depósito mineral u orgánico, sobre la superficie de los componentes, puede dar lugar a su deterioro irremediable.

Por esta razón, se utilizan en esta industria las cadenas de preparación de agua denominada «ultrapura». Se emplean, combinándolos de forma más o menos compleja, todos los procedimientos modernos: coagulación, decantación, filtración, cloración, tratamiento con carbón activo, desmineralización en varias fases, ósmosis inversa, esterilización final por rayos ultravioletas, filtración de seguridad a través de membranas.

El tratamiento primario de las aguas de río debe ser muy completo y han de emplearse todos los métodos que permitan reducir al mínimo los coloides minerales y orgánicos y las materias orgánicas disueltas.

5.4. Tratamiento de superficies metálicas

Las técnicas de tratamiento de agua intervienen en los procesos químicos o electroquímicos de tratamiento de superficies metálicas, para:

- preparación de aguas desmineralizadas a partir de aguas brutas o de aguas de aclarado recirculadas;
- tratamientos de regeneración continua de baños concentrados (intercambio iónico, ultrafiltración, ósmosis inversa);
- recuperación de los metales contenidos en los efluentes.

5.5. Extracción de petróleo bruto, refinado y petroquímica

Estas industrias son grandes consumidoras de vapor, del cual se pierde gran parte, mientras que otra fracción se recupera en forma de condensados más o menos contaminados. Los tratamientos de aguas de calderas (aportación y condensados) ocupan en las mismas, por lo tanto, un puesto de primer orden. Por otra parte, en muchos de los procesos se necesita agua desendurecida, descarbonatada o desmineralizada. La protección de los circuitos generales contra la corrosión, mediante un acondicionamiento apropiado, constituye igualmente un problema importante.

5.6. Industrias diversas que utilizan agua desmineralizada

Las técnicas de desmineralización por intercambio de iones o por ósmosis inversa han sustituido a los antiguos alambiques, para utilizaciones diversas, entre las cuales pueden citarse:

- obtención de agua pura en laboratorios industriales;
- desmineralización M agua de fabricación y mantenimiento de acumuladores;
- desmineralización de; agua de los baños de plateado en fábricas de espejos; -



obtención de agua para talleres fotográficos;

- rebaje de alcoholes y lavado de frascos en la industria de la perfumería, etcétera.

Para caudales superiores a unos M3 por día, se utilizan los aparatos de desmineralización, más o menos completa, generalmente, para caudales menores, se emplean cartuchos intercambiables y regenerables, que contienen una mezcla catión-anión.

7.6. DEPURACIÓN DE SALMUERAS

A. En producción de sal depurada, por recristalización de sal gema bruta:

- clarificación y desgasificación de salmueras brutas: - precipitación del magnesio con cal y del calcio con carbonato sódico en reactores del tipo Circulator o Turbocirculator;

- desulfatación parcial con cal o con cloruro cálcico, con recirculación de aguas madres de cristalización, en reactores del tipo Pulsator, de alta concentración de fangos.

B. En aportación a circuitos electrolíticos de fabricación de sosa y de cloro:

desulfatación total con carbonato bórico o con cloruro bórico;

precipitación M magnesio y M calcio con sosa y carbonato sódico.

En estos tratamientos, puede ser necesario recurrir a operaciones intermedias de desgasificación o de rectificación de pH, y generalmente van seguidos de una filtración a través de arena (por ejemplo, en filtros del tipo FV 2 B).

C. En purificación continua de salmueras de mecanizado electrolítico:

Se pretende limitar el aumento del contenido en hidróxidos metálicos, tratando en derivación una parte de la salmuera en centrifugadora o a través de filtro de precapa del tipo Cannon.

8. ANEXOS

LEGISLACIÓN VIGENTE ESPAÑOLA

REAL DECRETO 140/2003, DE 7 DE FEBRERO, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.

La Ley 14/1986, de 25 de abril, General de Sanidad estableció la obligación de las Administraciones públicas sanitarias de orientar sus actuaciones prioritariamente a la promoción de la salud y la prevención de las enfermedades.

La citada Ley prevé que las actividades y productos que, directa o indirectamente, puedan tener consecuencias negativas para la salud, sean sometidos por las Administraciones públicas, a control por parte de estas y a llevar a cabo actuaciones sanitarias para la mejora de los sistemas de abastecimiento de las aguas.

El Real Decreto 1138/1990, de 14 de septiembre por el que se aprueba la Reglamentación técnico-sanitaria para el abastecimiento y control de calidad de las aguas potables de consumo público, incorporó a nuestro ordenamiento jurídico la Directiva comunitaria 80/778/CEE, de 15 de julio.

La publicación de la Directiva 98/83/CE, de 3 de noviembre de 1998 exige la incorporación de la misma al derecho interno español con la elaboración de un nuevo texto que recoja las nuevas especificaciones de carácter científico y técnico y posibiliten un marco legal más acorde, tanto con las necesidades actuales, como con los avances y progresos de los últimos años en lo que a las aguas de consumo humano se refiere, estableciendo las medidas sanitarias y de control necesarias para la protección de la salud de los consumidores, siendo este el objeto principal de esta disposición.

Dada la importancia de este tema para la salud humana se hace necesario el establecimiento a escala nacional de criterios de calidad del agua de consumo humano.

Estos criterios se aplicarán a todas aquellas aguas que independientemente de su origen y del tratamiento de potabilización que reciban, se utilicen en la industria alimentaria o se suministren a través de redes de distribución públicas o privadas, depósitos o cisternas.

Se fijan parámetros y valores paramétricos a cumplir en el punto donde se pone el

agua de consumo humano a disposición del consumidor. Estos valores se basan principalmente en las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud y en motivos de salud pública aplicándose, en algunos casos, el principio de precaución para asegurar un alto nivel de protección de la salud de la población.

Los programas de control de calidad del agua de consumo humano deberán adaptarse a las necesidades de cada abastecimiento y cumplir los criterios de calidad previstos en esta disposición.

Las sustancias utilizadas en el tratamiento de potabilización del agua y productos de construcción instalados en el abastecimiento y en las instalaciones interiores pueden afectar a la calidad y salubridad de la misma, por ello y sin perjuicio de lo previsto en esta norma, se regularán por normativa específica.

Ante incumplimientos de los criterios de calidad que señala esta disposición, será necesaria la investigación de la causa subyacente y garantizar que se apliquen lo antes posible las medidas correctoras y preventivas para la protección de la salud de la población abastecida. En determinadas condiciones se podrá conceder excepciones, cuando el suministro de agua en el abastecimiento no pueda mantenerse por ningún otro medio razonable, y, siempre y cuando no haya un riesgo potencial para la salud de la población.

Las decisiones sobre el control de la calidad del agua de consumo humano, así como la adopción de medidas correctoras ante los incumplimientos detectados, se ejecutarán en el nivel local, en virtud de las competencias atribuidas a los entes locales en la Ley 7/1985, Reguladora de las Bases del Régimen Local, siguiendo, en su caso, las indicaciones de la administración sanitaria autonómica competente y contando con su asesoramiento.

Los consumidores deberán recibir información suficiente y oportuna de la calidad del agua de consumo humano, situaciones de excepción, medidas correctoras y preventivas así como de todos aquellos aspectos que afecten al abastecimiento y que puedan implicar un riesgo para la salud de la población.

El Ministerio de Sanidad y Consumo coordina el Sistema de Información Nacional de Agua de Consumo y elabora los Informes Nacionales anuales destinados a la información pública, y en cumplimiento con las obligaciones comunitarias, a la Comisión Europea.

El presente Real Decreto, que tiene carácter de norma básica, se dicta al amparo de lo dispuesto en el artículo 149.1.16ª de la Constitución y de acuerdo con lo dispuesto en los artículos 18.6, 19.2, 23, 24, 40.2, 40.13 y en la disposición adicional segunda de la Ley 14/1986, de 25 de abril, General de Sanidad.

En la elaboración de este Real Decreto han sido oídos los sectores afectados, las Comunidades Autónomas y ha emitido su preceptivo informe la Comisión Interministerial para la Ordenación Alimentaria (CIOA).

En su virtud a propuesta de los Ministros de Sanidad y Consumo, de Agricultura, Pesca y Alimentación, de Medio Ambiente, de Economía y de Ciencia y Tecnología, con la aprobación previa del Ministro de Administraciones Públicas, de acuerdo con el Consejo de Estado y previa deliberación del Consejo de Ministros del día 7 de febrero.

DISPONGO:

Artículo 1. Objeto.

El presente Real Decreto tiene por objeto establecer los criterios sanitarios que deben cumplir las aguas de consumo humano y las instalaciones que permiten su suministro desde la captación hasta el grifo del consumidor y el control de estas, garantizando su salubridad, calidad y limpieza, con el fin de proteger la salud de las personas de los efectos adversos derivados de cualquier tipo de contaminación de las aguas.

Artículo 2. Definiciones.

A los efectos de esta disposición se entenderá por:

1. Agua de Consumo Humano:

- a) Todas aquellas aguas ya sea en su estado original, ya sea después del tratamiento, utilizadas para beber, cocinar, preparar alimentos, higiene personal y para otros usos domésticos, sea cual fuere su origen e independientemente de que se suministren al consumidor, a través de redes de distribución públicas o privadas, de cisternas, de depósitos públicos o privados.*
- b) Todas aquellas aguas utilizadas en la industria alimentaria para fines de fabricación, tratamiento, conservación o comercialización de productos o sustancias destinadas al consumo humano, así como, a las utilizadas en la limpieza de las superficies, objetos y materiales que puedan estar en contacto con los alimentos.*
- c) Todas aquellas aguas suministradas para consumo humano como parte de una actividad comercial o pública, con independencia del volumen medio diario de agua suministrado.*

2. Autoridad Sanitaria: a la administración sanitaria autonómica competente u otros órganos de las Comunidades Autónomas en el ámbito de sus competencias.

3. *Gestor y/o Gestores: persona o entidad pública o privada que sea responsable del abastecimiento o de parte del mismo, o de cualquier otra actividad ligada al abastecimiento del agua de consumo humano.*
4. *Abastecimiento: conjunto de instalaciones para la captación de agua, conducción tratamiento de potabilización de la misma, almacenamiento, transporte y distribución del agua de consumo humano hasta las acometidas de los consumidores, con la dotación y calidad previstas en esta disposición.*
5. *Agua destinada a la producción de Agua de Consumo Humano: aquellas aguas que independientemente de su origen, sufran o no un tratamiento, vayan a ser utilizadas para el consumo humano.*
6. *Fuente Natural: las captaciones no utilizadas con fines comerciales y no conectadas a depósitos, cisternas o redes de distribución.*
7. *Punto de Muestreo: el lugar para la toma de muestras de agua de consumo humano para el control de la calidad de esta.*
8. *Valor Paramétrico: el nivel máximo o mínimo fijado para cada uno de los parámetros a controlar.*
9. *Resultado: el valor cuantificado de un parámetro con un método de ensayo concreto y expresado en las unidades fijadas en el anexo I.*
10. *Plaguicida: los insecticidas, herbicidas, fungicidas, nematocidas, acaricidas, alguicidas, rodenticidas, molusquicidas orgánicos, metabolitos, productos de degradación o reacción y los productos relacionados como los reguladores de crecimiento.*
11. *Sustancia: todo producto (sustancia o preparado) que se agregue al agua o sea empleado en su potabilización o mejora así como los utilizados para la limpieza de superficies, equipos, recipientes o utensilios que estén en contacto con el agua de consumo humano.*

A estos efectos se dividen en los siguientes grupos:

- a) *“Desinfectantes para agua”. Productos empleados para la desinfección del agua de consumo humano.*
- b) *“Desinfectantes para superficies”. Productos empleados para la desinfección de equipos, recipientes, utensilios para el consumo, superficies o tuberías relacionadas con la producción, transporte, almacenamiento y distribución del agua de consumo humano.*
- c) *“Alguicidas y antiincrustantes”. Productos que eliminan o impiden el desarrollo de algas en el agua destinada a la producción del agua de consumo*

humano o tengan acción antiincrustante o desincrustante.

- d) *“Otras sustancias”. Todo producto que no esté incluido en los apartados anteriores.*
12. *Estación de tratamiento de agua potable (ETAP): conjunto de procesos de tratamiento de potabilización situados antes de la Red de distribución y/o depósito, que contenga más unidades que la desinfección.*
13. *Producto de Construcción en contacto con Agua de Consumo Humano: todo producto de construcción, de revestimiento o utilizado en los procesos de montaje de las captaciones, conducciones, ETAPs, redes de abastecimiento y distribución, depósitos, cisternas e instalaciones interiores que estén situadas desde la captación hasta el grifo del consumidor.*
14. *Conducción: cualquier canalización que lleva el agua desde la captación hasta la ETAP, o en su defecto, al depósito de cabecera.*
15. *Depósito: todo receptáculo o aljibe cuya finalidad sea almacenar agua de consumo humano ubicado en la cabecera o en tramos intermedios de la red de distribución.*
16. *Red de Distribución: conjunto de tuberías diseñadas para la distribución del agua de consumo humano desde la ETAP o desde los depósitos hasta la acometida del usuario.*
17. *Punto de Entrega: lugar donde un gestor de una parte del abastecimiento entrega el agua al gestor de la siguiente parte del mismo o al consumidor.*
18. *Acometida: la tubería que enlaza la instalación interior del inmueble y la llave de paso correspondiente con la red de distribución.*
19. *Instalación Interior: el conjunto de tuberías, depósitos, conexiones y aparatos instalados tras la acometida y la llave de paso correspondiente que enlaza con la red de distribución.*
20. *Aparatos de Tratamiento en Edificios: cualquier elemento o accesorio instalado tras la acometida o llave de paso o en la entrada a la instalación interior o en el grifo del consumidor, con el objeto de modificar u optimizar la calidad del agua de consumo humano.*
21. *Zona de Abastecimiento: área geográficamente definida y censada por la autoridad sanitaria a propuesta del gestor del abastecimiento o partes de este, no superior al ámbito provincial, en la que el agua de consumo humano provenga de una o varias captaciones y cuya calidad de las aguas distribuidas pueda considerarse homogénea en la mayor parte del año.*

Cada zona de abastecimiento vendrá definida por cuatro determinantes:

- a) *Denominación única dentro de cada provincia.*
- b) *Código de identificación.*
- c) *Número de habitantes abastecidos.*
- d) *Volumen medio diario de agua suministrada considerando el cómputo anual.*

Artículo 3. Ambito de aplicación.

1. La presente disposición será de aplicación a las aguas definidas en el artículo 2.1.

2. Quedan excluidas del ámbito de aplicación de este Real Decreto:

- a) *Todas aquellas aguas que se rijan por el Real Decreto 1074/2002, de 18 de Octubre, por el que se regula el proceso de elaboración, circulación y comercio de aguas de bebida envasadas.*
- b) *Todas aquellas aguas que se rijan por la Ley 25/1990, de 20 de diciembre, del Medicamento.*
- c) *Todas aquellas aguas mineromedicinales de establecimientos balnearios que se rijan por el Real Decreto ley 743/1928, de 25 de abril, que aprueba el Estatuto, sobre la explotación de manantiales de aguas mineromedicinales y por la Ley 22/1973, de 21 de julio, de Minas.*
- d) *Todas aquellas aguas destinadas exclusivamente a usos para los cuales conste a la autoridad sanitaria que la calidad de aquellas no afecte, directa ni indirectamente, a la salud de los consumidores que las usan.*
- e) *Todas aquellas aguas de la industria alimentaria, que conste a la autoridad sanitaria que la calidad de aquellas no afecta a la salubridad del producto alimenticio.*
- f) *Todas aquellas aguas de consumo humano procedentes de un abastecimiento individual y domiciliario o fuente natural que suministre como media menos de 10 m³ diarios de agua, o que abastezca a menos de 50 personas, excepto cuando se perciba un riesgo potencial para la salud de las personas derivado de la calidad del agua, en cuyo caso la autoridad sanitaria requerirá a la administración local que adopte, para estos abastecimientos, las medidas necesarias para el cumplimiento de lo dispuesto en este Real Decreto.*

Artículo 4. Responsabilidades y competencias.

Sin perjuicio de lo establecido en la Ley 14/1986, de 25 de abril, General de Sanidad y la Ley 7/1985, de 2 de abril, Reguladora de las Bases de Régimen Local, se establecen las siguientes responsabilidades en el ámbito de este Real Decreto:

1. Los municipios son responsables de asegurar que el agua suministrada a través de cualquier red de distribución, cisterna o depósito móvil en su ámbito territorial sea apta para el consumo en el punto de entrega al consumidor.

2. Cuando la captación o la conducción o el tratamiento o la distribución o el autocontrol del agua de consumo lo realice un gestor o gestores distintos del municipio, éste velará por el cumplimiento de este Real Decreto por parte de los mismos. La responsabilidad de los gestores finaliza en el punto de entrega a otro gestor o en la llave de paso general de la acometida del consumidor.

3. Los municipios velarán por el cumplimiento de las obligaciones de los titulares de los establecimientos que desarrollen actividades comerciales o públicas en relación con lo que señala esta disposición. Los titulares de dichos establecimientos deberán poner a disposición de sus usuarios agua apta para el consumo.

4. Corresponde a los municipios el autocontrol de la calidad y el control en grifo del agua que consume la población en su municipio cuando la gestión del abastecimiento sea de forma directa.

5. Cuando la gestión del abastecimiento sea de forma indirecta el autocontrol de la calidad del agua de consumo humano es responsabilidad de los gestores, cada uno en su propia parte del abastecimiento.

6. Si la calidad del agua de consumo humano sufre modificaciones que impliquen que de forma temporal o permanente, no sea apta para el consumo, en cada uno de los casos que señalan los apartados 1, 2 y 3 del presente artículo, el gestor deberá poner en conocimiento de la población y/o de los otros gestores afectados, así como del municipio, en su caso, dicha situación de incumplimiento, las medidas correctoras y preventivas previstas, a través de los medios y en la forma que considere más adecuada, de acuerdo con la autoridad sanitaria, a fin de evitar cualquier riesgo que afecte a la protección de la salud humana.

7. Los propietarios del resto de los inmuebles que no estén recogidos en el apartado 3, son responsables de mantener la instalación interior a efectos de evitar modificaciones de la calidad del agua de consumo humano desde la acometida hasta el grifo.

Artículo 5. Criterios de calidad del agua de consumo humano.

El agua de consumo humano deberá ser salubre y limpia.

A efectos de este Real Decreto, un agua de consumo humano será salubre y limpia cuando no contenga ningún tipo de microorganismo, parásito o sustancia, en una cantidad o concentración que pueda suponer un riesgo para la salud humana y cumpla con los requisitos especificados en las partes A y B del anexo I.

Artículo 6. Punto de cumplimiento de los criterios de calidad del agua de consumo humano.

El agua de consumo humano que se pone a disposición del consumidor, deberá cumplir los requisitos de calidad señalados en esta disposición, en los siguientes puntos:

- a) El punto en el cual surge de los grifos que son utilizados habitualmente para el consumo humano, para las aguas suministradas a través de una red de distribución, dentro de los locales, establecimientos públicos o privados y domicilios particulares.*
- b) El punto en que se pone a disposición del consumidor, para las aguas suministradas a partir de una cisterna, de depósitos móviles públicos y privados.*
- c) El punto en que son utilizadas en la empresa, para las aguas utilizadas en la industria alimentaria.*

Artículo 7. Captación del agua para el consumo humano.

1. Sin perjuicio de lo que disponga la autoridad sanitaria en cada caso, el agua destinada a la producción de agua de consumo humano podrá proceder de cualquier origen, siempre que no entrañe un riesgo para salud de la población abastecida.

La dotación de agua deberá ser suficiente para las necesidades higiénico-sanitarias de la población y el desarrollo de la actividad de la zona de abastecimiento, como objetivo mínimo debería tener 100 litros por habitante y día.

2. Los Organismos de cuenca y las Administraciones hidráulicas de las Comunidades Autónomas facilitarán periódicamente a la autoridad sanitaria y al gestor, los resultados analíticos del agua destinada a la producción de agua de consumo humano, de los parámetros descritos en el Real Decreto 927/1988 de 29 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Administración Pública del agua y de la Planificación Hidrológica y de toda aquella legislación que le sea de aplicación.

Ante la sospecha de presencia en el agua de contaminantes, que entrañen un riesgo para la salud de la población, los Organismos de cuenca y las Administraciones hidráulicas de las Comunidades Autónomas en coordinación con la autoridad sanitaria determinarán y evaluarán la presencia de dichas sustancias.

3. Todo proyecto de nueva captación deberá contar con un informe sobre las características más relevantes que pudieran influir en la calidad del agua del área de captación además de lo previsto en el artículo 13.

La calidad del agua de la captación deberá ser tal que pueda ser potabilizada con

los tratamientos de potabilización previstos en el abastecimiento.

4. La entidad pública o privada responsable de la construcción de la captación deberá instalar las medidas de protección adecuadas y señalar de forma visible para su identificación como punto de captación de agua destinada al abastecimiento de la población, según establezca la autoridad sanitaria, con el fin de evitar la contaminación y degradación de la calidad del agua.

El gestor de la captación mantendrá las medidas de protección propias de su competencia sin perjuicio de las competencias del Organismo de cuenca y las Administraciones hidráulicas de las Comunidades Autónomas.

Artículo 8. Conducción del agua.

1. Antes de su puesta en funcionamiento, se realizará un lavado y/o desinfección de las tuberías.

El material de construcción, revestimiento, soldaduras y accesorios no transmitirán al agua sustancias o propiedades que contaminen o empeoren la calidad del agua procedente de la captación.

2. En el caso que la conducción fuera abierta, el gestor de la misma deberá proceder a su cerramiento siempre que la autoridad sanitaria considere que existe un riesgo para la salud de la población.

Artículo 9. Sustancias para el tratamiento del agua.

1. Cualquier sustancia o preparado que se añada al agua de consumo humano deberá cumplir con la norma UNE-EN correspondiente para cada producto y vigente en cada momento.

El Ministerio de Sanidad y Consumo actualizará la relación que figura en el anexo II mediante desarrollo normativo.

2. Las sustancias o preparados que a la fecha de entrada en vigor de esta disposición estén comercializados tendrán un plazo de un año para cumplir con cada una de las normas UNE-EN que le afecten.

3. Sin perjuicio de lo anterior, toda sustancia o preparado que se añada al agua de consumo humano y la industria relacionada con estas, deberán cumplir con lo dispuesto en el Real Decreto 1054/2002, de 11 de octubre, por el que se regula el proceso de evaluación para el registro, autorización y comercialización de biocidas o en el Real Decreto 363/1995 de 10 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de las sustancias peligrosas o en el Real Decreto 1078/1993, de 2 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos y en el Real Decreto 1712/1991, de 29 de noviembre sobre el registro general sanitario de alimentos o cualquier otra legislación que pudiera ser de aplicación.

4. El gestor del tratamiento de potabilización del agua, deberá contar con una fotocopia del certificado o autorización sanitaria correspondiente a cada sustancia utilizada o en su caso, de la empresa que lo comercialice.

Artículo 10. Tratamiento de potabilización del agua de consumo humano.

1. Cuando la calidad del agua captada tenga una turbidez mayor de 1 unidad Nefelométrica de Formacina (UNF) como media anual, deberá someterse como mínimo a una filtración por arena, u otro medio apropiado, a criterio de la autoridad sanitaria, antes de desinfectarla y distribuirla a la población. Asimismo, cuando exista un riesgo para la salud, aunque los valores medios anuales de turbidez sean inferiores a 1 UNF, la autoridad sanitaria podrá requerir, en función de la valoración del riesgo existente, la instalación de una filtración previa.

2. Las aguas de consumo humano distribuidas al consumidor por redes de distribución públicas o privadas, cisternas o depósitos deberán ser desinfectadas. En estos casos, los subproductos derivados de la desinfección deberán tener los niveles más bajos posibles, sin comprometer en ningún momento la eficacia de la desinfección.

Cuando no haya riesgo de contaminación o crecimiento microbiano a lo largo de toda la red de distribución hasta el grifo del consumidor, el gestor podrá solicitar a la autoridad sanitaria, la exención de contener desinfectante residual.

3. Los procesos de tratamiento de potabilización no transmitirán al agua sustancias o propiedades que contaminen o degraden su calidad y supongan el incumplimiento de los requisitos especificados en el anexo I y un riesgo para la salud de la población abastecida, ni deberán producir directa o indirectamente la contaminación ni el deterioro del agua superficial o subterránea destinada a la producción del agua de consumo humano.

4. Los aparatos de tratamiento en edificios no podrán transmitir al agua sustancias, gérmenes o propiedades indeseables o perjudiciales para la salud y deberán cumplir con lo dispuesto en el artículo 14.

La comercialización de estos aparatos estará sujeta a su homologación previa.

Artículo 11. Depósitos y cisternas para el agua de consumo humano.

1. Los depósitos públicos o privados, fijos o móviles, de la red de abastecimiento, de distribución o de instalaciones interiores y cisternas para agua de consumo humano deberán cumplir con lo dispuesto en el artículo 14.

Todo depósito de una instalación interior deberá situarse por encima del nivel del alcantarillado, estando siempre tapado y dotado de un desagüe que permita su va-

ciado total, limpieza y desinfección.

2. La entidad pública o privada responsable de la construcción del depósito deberá instalar las medidas de protección y señalar de forma visible, para su identificación como punto de almacenamiento de agua para el abastecimiento, con el fin de que no se contamine o empeore la calidad del agua almacenada.

El gestor mantendrá estas medidas de protección.

3. Cuando en un abastecimiento deba recurrirse al uso de cisternas o depósitos móviles, éstos serán solo para el transporte de agua y tendrán claramente señalado y suficientemente visible la indicación "para transporte de agua de consumo humano", acompañado del símbolo de un grifo blanco sobre fondo azul.

El gestor de la cisterna o depósito móvil solicitará la autorización administrativa correspondiente para darse de alta en esta actividad.

En cada suministro de este tipo, el gestor deberá contar con el informe vinculante de la autoridad sanitaria.

En todo momento, el responsable del transporte del agua, adoptará las medidas de protección oportunas para que la calidad del agua de consumo humano no se degrade, así como aquellas medidas correctoras, que en su caso señale la autoridad sanitaria.

4. El gestor de los depósitos públicos o privados de la red de abastecimiento o la red de distribución, cisternas y el propietario de los depósitos de instalaciones interiores, vigilará de forma regular la situación de la estructura, elementos de cierre, valvulería, canalizaciones e instalación en general, realizando de forma periódica, la limpieza de los mismos, con productos que cumplan lo señalado en el artículo 9. La limpieza deberá tener una función de desincrustación y desinfección, seguida de un aclarado con agua.

Artículo 12. Distribución del agua de consumo humano.

1. Las redes de distribución pública o privada serán en la medida de lo posible de diseño mallado, eliminando puntos y situaciones que faciliten la contaminación o deterioro del agua distribuida.

Dispondrán de mecanismos adecuados que permitan su cierre por sectores, con objeto de poder aislar áreas ante situaciones anómalas, y de sistemas que permitan las purgas por sectores para proteger a la población de posibles riesgos para la salud.

2. Antes de su puesta en funcionamiento y después de cualquier actividad de mantenimiento o reparación que pueda suponer un riesgo de contaminación del agua de consumo humano, se realizará un lavado y/o desinfección del tramo afectado de

tuberías con sustancias que señala el artículo 9, y los productos de construcción de estas deberán cumplir con lo dispuesto en el artículo 14.

3. Las características y funcionamiento de la instalación interior no deberán contaminar o empeorar la calidad del agua de consumo humano con gérmenes o sustancias que puedan suponer un riesgo para la salud de los consumidores.

Artículo 13. Inspecciones sanitarias previas de nuevas instalaciones.

1. En todo proyecto de construcción de una nueva captación, conducción, ETAP, red de abastecimiento o red de distribución (con una longitud mayor a 500 metros), depósito de la red distribución, o remodelación de lo existente, la autoridad sanitaria elaborará un informe sanitario vinculante, antes de dos meses tras la presentación de la documentación por parte del gestor.

2. A la puesta en funcionamiento de la nueva instalación la autoridad sanitaria, realizará un Informe, basado en la inspección y en la valoración y seguimiento durante el tiempo que crea conveniente, de los resultados analíticos realizados por el gestor, de los parámetros que esta señale.

3. Estos requisitos se aplicarán a las instalaciones citadas en los artículos 7, 8, 10, 11 y 12, excepto para lo señalado en el apartado 3 del artículo 11 e instalaciones interiores.

Artículo 14. Productos de construcción en contacto con el agua de consumo humano.

1. Los productos que estén en contacto con el agua de consumo humano, por ellos mismos o por las prácticas de instalación que se utilicen, no transmitirán al agua de consumo humano sustancias o propiedades que contaminen o empeoren su calidad y supongan un incumplimiento de los requisitos especificados en el anexo I o un riesgo para la salud de la población abastecida.

2. Para los productos de construcción referidos a las actividades descritas en los artículos 10.4, 11 y 12 las autorizaciones para el uso e instalación de estos productos estarán sujetas a las disposiciones que regulará la Comisión Interministerial de Productos de Construcción (CIPC) y, en su caso, por lo dispuesto en el Real Decreto 363/1995 de 10 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de las sustancias peligrosas o en el Real Decreto 1078/1993, de 2 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos o cualquier otra legislación o normativa técnica que pudiera ser de aplicación, en lo que no se oponga a lo dispuesto en este Real Decreto.

Artículo 15. Personal.

El personal que trabaje en el abastecimiento en tareas en contacto directo con agua de consumo humano, deberá cumplir los requisitos técnicos y sanitarios que dispone el Real Decreto 202/2000 de 11 de febrero, por el que se establecen las normas relativas a los manipuladores de alimentos.

Artículo 16. Laboratorios de control de la calidad del agua de consumo humano.

1. Todo laboratorio público o privado que realice determinaciones para los análisis de control y análisis completo del autocontrol, vigilancia sanitaria o control en grifo del consumidor, deberá implantar un sistema de aseguramiento de la calidad y validarlo ante una unidad externa de control de calidad, que realizará periódicamente una auditoria.

Toda entidad publica o privada que realice dicha auditoria deberá estar acreditada por el organismo competente.

2. Los laboratorios a los que se refiere el apartado 1, si no están acreditados por la UNE-EN ISO/IEC 17025 o la vigente en ese momento para los parámetros realizados en el laboratorio que señala esta disposición, al menos deberán tener la certificación por la UNE-EN ISO 9001 o la vigente en ese momento.

Los laboratorios que superen 5.000 muestras anuales, deberán estar acreditados por la UNE-EN ISO/IEC 17025 o la vigente en ese momento para los parámetros que señala esta disposición y con las especificaciones que señala el anexo IV, realizados en dicho laboratorio.

Todo laboratorio acreditado y los laboratorios certificados que gestionen más de 500 muestras al año remitirán a la Dirección General de Salud Pública del Ministerio de Sanidad y Consumo el impreso del anexo III cumplimentado y una fotocopia del alcance de la acreditación o de la certificación.

3. Los métodos de ensayo utilizados por los laboratorios se ajustarán a lo especificado en el anexo IV.

En el seno de la Ponencia de Sanidad Ambiental, dependiente del Consejo Interterritorial del Sistema Nacional de Salud, se estudiarán otros métodos de ensayo oficiales distintos de los que figuran en el anexo IV para determinados parámetros cuyos resultados sean tan fiables como los obtenidos con los métodos especificados en dicho anexo, así como los métodos de ensayo para los parámetros del anexo IV apartado C.

Artículo 17. Control de la calidad del agua de consumo humano.

1. En términos generales, en cada abastecimiento se controlarán los parámetros fijados en el anexo I. Cuando la autoridad sanitaria lo disponga se controlarán aquellos parámetros o contaminantes que se sospeche puedan estar presentes en el agua de consumo humano y suponer un riesgo para la salud de los consumidores.

2. El control de la calidad del agua de consumo humano engloba los siguientes apartados:

- a) Autocontrol del agua de consumo humano
- b) Vigilancia sanitaria
- c) Control del agua en grifo del consumidor

3. Todos los resultados derivados del control de la calidad del agua de consumo deberán estar recogidos en un sistema de registro para cada caso, preferiblemente en soporte informático y en concordancia con el Sistema de Información Nacional de Agua de Consumo.

4. En toda muestra de agua de consumo humano para el autocontrol, vigilancia sanitaria y control en grifo del consumidor, el agua se podrá calificar como:

- a) "Apta para el consumo" cuando no contenga ningún tipo de microorganismo, parásito o sustancia, en una cantidad o concentración que pueda suponer un peligro para la salud humana; y cumpla con los valores paramétricos especificados en las partes A, B y D del anexo I o con los valores paramétricos excepcionados por la autoridad sanitaria y sin perjuicio de lo establecido en el artículo 27.7, determinados en el análisis.
- b) "No apta para el consumo" cuando no cumpla con los requisitos del párrafo a). Si un agua "no apta para el consumo" alcanza niveles de uno o varios parámetros cuantificados que la autoridad sanitaria considere que han producido o puedan producir efectos adversos sobre la salud de la población, se calificará como agua "no apta para el consumo y con riesgos para la salud".

Artículo 18. Autocontrol.

1. El autocontrol de la calidad del agua de consumo humano es responsabilidad del gestor de cada una de las partes del abastecimiento y velará para que uno o varios laboratorios realicen los análisis descritos en este artículo.

2. Sin perjuicio de lo que dispone el artículo 6, para el agua de consumo humano suministrada a través de una red de distribución, los gestores tienen la posibilidad de tomar muestras para parámetros concretos dentro del abastecimiento, en puntos distintos a los que se refiere dicho artículo, si se puede demostrar que la validez de los resultados no afecta a la representatividad de la calidad del agua de consumo humano desde la salida de la ETAP o del depósito hasta el punto de entrega al consumidor.

3. Los puntos de muestreo para el autocontrol serán representativos del abastecimiento o partes del mismo y se fijarán por el Gestor con la supervisión de la Autoridad Sanitaria.

A) Para el caso de redes de distribución, se fijarán, al menos, los siguientes puntos de muestreo:

- a) 1 a la salida de la ETAP o depósito de cabecera.
- b) 1 a la salida del depósito de regulación y/o distribución.
- c) 1 en cada uno de los puntos de entrega entre los distintos gestores.
- d) 1 en la red de distribución. En los abastecimientos que suministren más de 20.000 m³ /día, el número de puntos de muestreo será de 1 por cada 20.000 m³ o fracción de agua distribuida por día como media anual.

B) Los puntos de muestreo para el autocontrol de la industria alimentaria serán determinados por ella con la supervisión de la autoridad sanitaria.

C) En el caso de cisternas y depósitos móviles, es responsabilidad del gestor de los mismos y los puntos de muestreo para el autocontrol serán los definidos en el artículo 6 de este Real Decreto.

La autoridad sanitaria podrá requerir el cambio de la localización de los puntos de muestreo determinados por el gestor o de la industria alimentaria, o aumentar su número si no responden a la representatividad necesaria.

4. Los tipos de análisis para el autocontrol son los siguientes:

1º Examen organoléptico: consiste en la valoración de las características organolépticas del agua de consumo humano en base al olor, sabor, color y turbidez.

2º Análisis de control: este tipo de análisis tiene por objeto facilitar al gestor y a la autoridad sanitaria la información sobre la calidad organoléptica y microbiológica del agua de consumo humano, así como información sobre la eficacia del tratamiento de potabilización.

A) Parámetros básicos incluidos en este tipo de análisis: olor, sabor, turbidez, color, conductividad, concentración del ión Hidrógeno o pH, amonio, *Escherichia coli* (*E.coli*) y bacterias coliformes.

B) Parámetros que al menos se determinarán a la salida de la ETAP/depósito de cabecera o en su defecto a la salida del depósito regulación y/o distribución:

- a) Hierro: cuando se utilice como floculante.
- b) Aluminio: cuando se utilice como floculante.
- c) Recuento de colonias a 22°C.
- d) *Clostridium perfringens* (incluidas las esporas).



- C) Parámetros en función del método de desinfección:*
- a) Nitrito: cuando se utilice la cloraminación.*
 - b) Cloro libre residual: cuando se utilice el cloro o derivados.*
 - c) Cloro combinado residual: cuando se utilice la cloraminación.*

La autoridad sanitaria, si lo considera necesario para salvaguardar la salud de la población abastecida, podrá incluir para cada abastecimiento otros parámetros en el análisis de control.

3º Análisis completo: tiene por objeto facilitar al gestor y a la autoridad sanitaria la información para determinar si el agua de consumo humano distribuida, respeta o no los valores paramétricos definidos en esta disposición. Para ello se determinarán los parámetros del anexo I y los que la autoridad sanitaria considere oportunos para salvaguardar la salud de la población abastecida.

En el caso de los parámetros del análisis completo y tras dos años como mínimo de autocontrol, el gestor podrá presentar una solicitud a la autoridad sanitaria para reducir la frecuencia de análisis que señala esta disposición hasta un 50 por ciento, para determinados parámetros, por no ser probable la presencia de ese parámetro en el agua de consumo humano en concentraciones que pudieran implicar un riesgo de incumplimiento con el valor paramétrico.

5. Cada gestor del abastecimiento o parte del mismo elaborará, antes del 1 de enero de 2.005, un Protocolo de Autocontrol y Gestión del abastecimiento. En este protocolo deberá incluirse todo lo relacionado con el control de la calidad del agua de consumo humano, y el control sobre el abastecimiento, y deberá estar a disposición de la autoridad sanitaria y en concordancia con el Programa Autonómico de Vigilancia Sanitaria del Agua de Consumo Humano.

6. Ante la sospecha de un riesgo para la salud de la población, la autoridad sanitaria, podrá solicitar al gestor, los muestreos complementarios que crea oportunos para salvaguardar la salud de la población.

Artículo 19. Vigilancia sanitaria.

La vigilancia sanitaria del agua de consumo humano es responsabilidad de la autoridad sanitaria quien velará para que se realicen inspecciones sanitarias periódicas del abastecimiento.

Dicha vigilancia a cargo de la autoridad sanitaria correspondiente incluye las zonas de abastecimiento de gestión o de patrimonio del Estado.

La autoridad sanitaria elaborará y pondrá a disposición de los gestores, antes del 1 de enero de 2.004, el Programa de Vigilancia Sanitaria del agua de consumo humano para su territorio, que remitirá al Ministerio de Sanidad y Consumo.

Cualquier cambio en el Programa o si se realiza un desarrollo normativo autonómico

de esta disposición deberá notificarlo al Ministerio de Sanidad y Consumo.

Artículo 20. Control en el grifo del consumidor.

1. Para las aguas de consumo humano suministradas a través de una red de distribución pública o privada, el municipio o en su defecto otra entidad de ámbito local tomará las medidas necesarias para garantizar la realización del control de la calidad del agua en el grifo del consumidor y la elaboración periódica de un informe sobre los resultados obtenidos.

2. Los parámetros a controlar en el grifo del consumidor son, al menos:

- a) Olor*
- b) Sabor*
- c) Color*
- d) Turbidez*
- e) Conductividad*
- f) pH*
- g) Amonio*
- h) Bacterias coliformes*
- i) Escherichia coli (E.coli)*
- j) Cobre, cromo, níquel, hierro, plomo u otro parámetro: cuando se sospeche que la instalación interior tiene este tipo de material instalado.*
- k) Cloro libre residual y/o cloro combinado residual cuando se utilice cloro o sus derivados para el tratamiento de potabilización del agua.*

En caso de incumplimiento de los valores paramétricos, se tomará una muestra en el punto de entrega al consumidor.

Artículo 21. Frecuencia de muestreo.

1. El número mínimo de muestras en el autocontrol deberá ser representativo del abastecimiento o partes de este y de la industria alimentaria, distribuidos uniformemente a lo largo de todo el año.

- a) La frecuencia mínima de muestreo para el análisis de control y el análisis completo se llevaran a cabo según lo especificado en el anexo V.*
- b) La frecuencia de muestreo del desinfectante residual podrá incrementarse cuando la autoridad sanitaria lo estime necesario.*
- c) El examen organoléptico se realizará al menos dos veces por semana y siempre y cuando no se realice otro tipo de análisis en ese periodo.*

La autoridad sanitaria cuando juzgue que pudiera existir un riesgo para la salud de la población, velará para que el gestor incremente la frecuencia de muestreo para aquellos parámetros que ésta considere oportunos.



2. La frecuencia de muestreo para cisternas y depósitos móviles se señalará en cada caso por la autoridad sanitaria.

3. El número de muestras anuales recogidas en el grifo del consumidor será, al menos, la que señala el anexo V.

Artículo 22. Situaciones de excepción a los valores paramétricos fijados.

El gestor podrá solicitar a la Administración sanitaria la autorización de situaciones de excepción temporal con respecto a los valores paramétricos fijados cuando el incumplimiento de un valor paramétrico de un determinado parámetro de la parte B del anexo I en un abastecimiento dado, se ha producido durante más de treinta días en total durante los últimos doce meses y cuando el suministro de agua de consumo humano no se pueda mantener de ninguna otra forma razonable. La autoridad sanitaria establecerá un nuevo valor paramétrico, siempre que la excepción no pueda constituir un peligro para la salud de la población abastecida.

La Dirección General de Salud Pública del Ministerio de Sanidad y Consumo gestiona el Censo Nacional de las situaciones de excepción autorizadas por la autoridad sanitaria.

Artículo 23. Autorización de excepción.

- 1. El gestor presentará a la autoridad sanitaria la solicitud que constará, al menos, de:
 - a) Copia del escrito del gestor al municipio, en su caso, comunicando la solicitud de autorización de la excepción.*
 - b) La solicitud que se ajustará al modelo de impreso recogido en la parte A del anexo VI.*
 - c) Original y copia de un "Informe documental" con los apartados siguientes:
 - 1º Resultados del parámetro de los seis últimos meses.*
 - 2º Informe sobre la causa de la solicitud, justificado, si procede con un dictamen técnico.*
 - 3º Informe justificando que no se puede mantener el suministro de agua de ninguna otra forma razonable.*
 - 4º Comunicado y forma de transmisión a la población afectada de la situación de excepción.*
 - 5º Programa de muestreo específico incrementando la frecuencia de muestreo para ese abastecimiento para el periodo solicitado.*
 - 6º Plan de medidas correctoras, disposiciones para la evaluación del Plan, Cronograma de trabajo y Estimación del coste.***

2. La autoridad sanitaria tendrá un plazo de dos meses para notificar la autorización de la solicitud, a partir de la entrada de la documentación en el registro del órgano competente para su tramitación.

3. Una vez autorizada la excepción la autoridad sanitaria tendrá quince días hábiles para comunicar la autorización de excepción a la Dirección General de Salud Pública del Ministerio de Sanidad y Consumo. La comunicación se realizará en el modelo de impreso recogido en la parte B del anexo VI y si se trata de un abastecimiento que distribuyan al día más de 1000 m³ como media anual, se acompañará de un ejemplar del "Informe documental" aportado junto al listado de industrias alimentarias pertinentes afectadas.

4. El Ministerio de Sanidad y Consumo notificará, a la Comisión Europea, conforme la normativa comunitaria vigente, la autorización de excepción, de abastecimientos que distribuyan al día mas de 1000 m³ como media anual.

5. Las excepciones deberán estar limitadas al menor tiempo posible y no excederán de tres años, al final de los cuales el solicitante presentará a la autoridad sanitaria un "estudio de situación" y el coste total de las medidas adoptadas.

6. Una vez autorizada la excepción, el gestor comunicará a los consumidores y a los otros gestores afectados del abastecimiento, la nueva situación de excepción y en coordinación con la autoridad sanitaria, facilitará recomendaciones sanitarias a la población en general y específicamente a aquellos grupos de población para los que la excepción pudiera representar un riesgo para su salud.

El plazo de comunicación no será superior a dos días a partir del día en que le sea notificada la autorización.

Artículo 24. Primera prórroga de excepción.

1. Cuando los tres años no hayan sido suficientes para resolver la causa que motivó la solicitud de excepción, el gestor podrá solicitar una prórroga de la excepción a la autoridad sanitaria.

En este caso, dos meses antes de que finalice el primer periodo autorizado, deberá presentar:

- a) Copia del escrito del gestor al municipio, en su caso, comunicando la solicitud de prórroga.*
- b) La solicitud que se ajustará al modelo de impreso recogido en la parte A del anexo VI.*
- c) Original y copia de un nuevo "Informe documental" actualizado.*

Al finalizar el primer periodo autorizado, el gestor remitirá a la autoridad sanitaria, original y copia del "estudio de situación" elaborado, que recogerá los progresos

realizados desde la autorización.

2. La autoridad sanitaria tendrá un plazo de dos meses para notificar la autorización de la solicitud, a partir de la entrada de la documentación en el registro del órgano competente para su tramitación.

Esta prórroga de excepción no podrá exceder de tres años.

A partir de la autorización de la prórroga se seguirá la misma tramitación que lo previsto en los apartados 3, 4, 5 y 6 del artículo 23.

Artículo 25. Segunda prórroga de excepción.

1. En circunstancias excepcionales, cuando no haya sido corregida la causa que motivó la solicitud en los dos periodos autorizados, el gestor podrá solicitar una segunda prórroga que con Informes favorables del municipio, en su caso, y de la autoridad sanitaria, el Ministerio de Sanidad y Consumo tramitará la solicitud a la Comisión Europea por un período no superior a tres años.

2. En este caso, tres meses antes de que finalice el segundo periodo autorizado, el gestor deberá presentar a la autoridad sanitaria la siguiente documentación:

- a) Copia del escrito del gestor al municipio, en su caso, comunicando la solicitud de la segunda prórroga.*
- b) La solicitud que se ajustará al modelo de impreso recogido en la parte A del anexo VI.*
- c) Original y copia de un nuevo "Informe documental" actualizado.*

Al finalizar el segundo periodo autorizado, el gestor remitirá a la autoridad sanitaria original y copia del nuevo "estudio de situación".

3. La autoridad sanitaria remitirá a la Dirección General de Salud Pública del Ministerio de Sanidad y Consumo la solicitud, el "Informe documental" y el "estudio de situación", acompañados de un Informe técnico de la autoridad sanitaria justificativo de la tramitación de la solicitud de la segunda prórroga de la autorización de excepción.

4. El Ministerio de Sanidad y Consumo en coordinación con la autoridad sanitaria, el gestor y el municipio, en su caso, elaborarán un Informe sobre la necesidad de una segunda prórroga que se remitirá a la Comisión Europea junto al resto de la documentación.

5. El Ministerio de Sanidad y Consumo notificará la decisión de la Comisión Europea a la autoridad sanitaria, al gestor y al municipio en un plazo no superior a una semana.

La comunicación a los consumidores y a los otros gestores afectados del abasteci-

miento de esta segunda prórroga de excepción se realizará según lo previsto en el apartado 6 del artículo 23.

Artículo 26. Situación de excepción de corta duración.

1. Cuando se prevea que con las medidas correctoras pueda resolverse el problema en un plazo máximo de 30 días y cuando el incumplimiento del valor paramétrico sea considerado por la autoridad sanitaria como insignificante, el gestor solicitará a la autoridad sanitaria la autorización de excepción de corta duración, siempre que el valor propuesto no pueda constituir un peligro para la salud humana.

2. La solicitud de autorización de excepción de corta duración constará, al menos, de:

- a) La solicitud que se ajustará al modelo de impreso recogido en la parte A del anexo VI.*
- b) Plan de medidas correctoras con el cronograma de trabajo previsto.*
- c) Propuesta de comunicado para transmitir a la población afectada la situación.*

3. La autoridad sanitaria tendrá un plazo de diez días para notificar la autorización de la solicitud, a partir de la entrada de la documentación en el registro del órgano competente para su tramitación.

4. Una vez autorizada la excepción y notificada al gestor, éste comunicará antes de las 24 horas, a los consumidores y a los otros gestores afectados la nueva situación, y facilitará, en coordinación con la autoridad sanitaria, recomendaciones sanitarias a la población o a grupos de población para los que dicha excepción pudiera representar un riesgo para la salud.

Artículo 27. Incumplimientos y medidas correctoras y preventivas.

1. Cualquier incumplimiento detectado en el abastecimiento o en la calidad del agua de consumo humano, por el gestor, el municipio, el titular de la actividad o la autoridad sanitaria, deberá ser confirmado.

Esta confirmación se realizará, cuando sea necesario, con la toma de una muestra de agua antes de las 24 horas de haber detectado el incumplimiento.

2. Tras la confirmación del incumplimiento, el gestor o el titular de la actividad, si existe una actividad pública o comercial o el municipio en el caso de domicilios particulares, investigarán inmediatamente el motivo del mismo, dejando constancia de ello en un libro de incidencias, y notificarán antes de 24 horas a la autoridad sanitaria las características de la situación con un impreso que se ajustará al modelo recogido en el anexo VII y por el medio de transmisión que esta determine para los parámetros contemplados en las partes A, B y D del anexo I.

En el caso de los parámetros de la parte C del anexo I la comunicación se realizará semanalmente.

3. Una vez notificado el incumplimiento a la autoridad sanitaria o el detectado por ella, ésta valorará la apertura o no de una "situación de alerta".

La autoridad sanitaria estimará la importancia del incumplimiento, la repercusión sobre la salud de la población afectada y la realización de un estudio de evaluación del riesgo debido al episodio de incumplimiento, si lo considera necesario.

4. En cada situación de alerta o incumplimiento, la autoridad sanitaria valorará la posibilidad de prohibir el suministro o el consumo de agua, restringir el uso, aplicar técnicas de tratamiento apropiadas para modificar la naturaleza o las propiedades del agua antes de su suministro, con el fin de reducir o eliminar el riesgo del incumplimiento y la presentación de riesgos potenciales para la salud de la población.

5. El gestor, el municipio o el propietario del inmueble con actividad pública o comercial, comunicará la situación de alerta, las medidas correctoras y preventivas a los consumidores y a los otros gestores afectados, antes de las 24 horas tras la valoración de la autoridad sanitaria.

Además transmitirán en coordinación con la autoridad sanitaria, las recomendaciones sanitarias para la población o a grupos de población, que el incumplimiento pudiera representar un riesgo para la salud.

6. Una vez tomadas las medidas correctoras, el gestor o el propietario del inmueble o el municipio realizarán una nueva toma de muestra en el punto que hubiera tenido lugar el problema para verificar la situación de normalidad y lo informarán a la autoridad sanitaria que valorará el cierre de la "situación de alerta", comunicándolo a los consumidores y los otros gestores afectados en un plazo de 24 horas.

7. En el caso de incumplimiento de parámetros del anexo I parte C, la autoridad sanitaria valorará la calificación del agua como "apta o no apta para el consumo humano" en función del riesgo para la salud.

Artículo 28. Régimen sancionador.

Sin perjuicio de otra normativa que pudiera resultar de aplicación, las infracciones contra lo dispuesto en el presente Real Decreto, constituirán infracción administrativa en materia de sanidad, de acuerdo con lo tipificado en el capítulo VI del Título I de la Ley 14/1986, de 25 de abril, General de Sanidad y serán objeto de sanción administrativa, previa la instrucción del oportuno expediente administrativo.

Artículo 29. Información al consumidor.

La información dada a los consumidores deberá ser puntual, suficiente, adecuada y



actualizada sobre todos y cada uno de los aspectos descritos en este Real Decreto, a través de los medios de comunicación previstos por cada una de las administraciones implicadas y los gestores del abastecimiento.

Artículo 30. Sistema de Información Nacional de Agua de Consumo.

- 1. El Ministerio de Sanidad y Consumo establece un sistema de información relativo a las zonas de abastecimiento y control de la calidad del agua de consumo humano denominado Sistema de Información Nacional de Agua de Consumo (SINAC).*

La utilización y suministro de datos en soporte informático al SINAC será obligatorio para todas las partes implicadas en el suministro de agua de consumo humano contempladas en esta disposición.

El gestor, el municipio y la autoridad sanitaria velarán para que los datos generados en el Autocontrol, vigilancia sanitaria o control en grifo del consumidor, estén recogidos en el SINAC.

- 2. La Dirección General de Salud Pública del Ministerio de Sanidad y Consumo coordinará el SINAC según lo especificado en los apartados siguientes.*
 - a) Se constituirá un Comité Técnico para el mantenimiento y vigilancia de la aplicación, el cual responderá de la definición y explotación de la información y estará formado por representantes de los usuarios de los niveles básico, autonómico y ministerial.*
 - b) El SINAC será de aplicación a los siguientes agentes y organismos que intervienen en el sistema:*
 - 1º Municipios*
 - 2º Gestores del abastecimiento o partes del mismo.*
 - 3º Autoridades sanitarias autonómicas.*
 - 4º Ministerio de Sanidad y Consumo.*
 - c) La unidad de información del SINAC es la zona de abastecimiento.*
 - d) El SINAC se estructura en tres niveles, cada uno con las siguientes funcionalidades:*
 - 1º Nivel básico: captura y carga de datos básicos; depuración y validación interna de los datos; consultas; salidas; explotación de sus propios datos. Administración del acceso a usuarios básicos propios. La información de los niveles básicos se agrega en el nivel autonómico del que dependen.*
 - 2º Nivel Autonómico: captura y carga de datos autonómicos; consultas; salidas; explotación de sus propios datos; Administración del acceso a usuarios auto-*

nómicos y básicos. La información de los niveles autonómicos se agrega en el nivel ministerial.

- 3º *Nivel Ministerial: Carga de datos ministeriales, consultas, salidas, explotación estadística de ámbito nacional, difusión de la información a organismos nacionales e internacionales, administración del acceso a usuarios ministeriales.*

Existirá un administrador de la aplicación que administrará con los siguientes criterios: usuarios, grupos de usuarios (Comunidades autónomas, provincias, niveles, entidades, funciones y campos), tablas, ficheros de intercambio, parametrizaciones, etc.

Cada unidad de trabajo de cada nivel puede acceder a la totalidad de la propia información que haya generado o que le afecte, pero no a la información individualizada de otras unidades y será responsable de su información que no podrá ser modificada por otra unidad de igual o diferente nivel.

e) La información del SINAC se divide en 10 entidades de información:

- 1º *Caracterización de la Zona de Abastecimiento*
- 2º *Captaciones*
- 3º *Tratamiento de potabilización*
- 4º *Depósitos y Cisternas*
- 5º *Redes de distribución*
- 6º *Laboratorios*
- 7º *Muestreos o Boletines analíticos*
- 8º *Situaciones de Incumplimiento y/o Alerta*
- 9º *Situaciones de Excepción*
- 10º *Inspecciones Sanitarias*

Los datos básicos de cada una de las entidades podrán ser modificados por acuerdos del Comité Técnico.

f) La información de este sistema se tratará de forma escalonada estructurándola según entidades de información (bloques o grupos homogéneos de información); estas entidades en campos (apartados o atributos); y algunos de estos campos en tablas (variables, categorías o contenidos de campo).

g) Para las entidades públicas o privadas que dispongan de sus propios sistemas de información se declarará la estructura interna de la información contenida en el SINAC de forma que puedan transferir los datos relativos a los boletines de análisis, al sistema mediante un fichero de intercambio.

3. El desarrollo de este artículo se llevará a cabo por Orden del Ministro de Sanidad y Consumo.

Disposición adicional primera. Programas Nacionales.

Se planificarán programas de ámbito nacional de vigilancia epidemiológica y sanitaria destinados a prevenir riesgos específicos para la salud humana asociados al consumo de agua.

Los Programas nacionales se planificarán, desarrollarán y evaluarán por el Ministerio de Sanidad y Consumo en coordinación con los órganos competentes de las Comunidades Autónomas, en el seno de la Ponencia de Sanidad Ambiental, dependiente del Consejo Interterritorial del Sistema Nacional de Salud, a propuesta de la Dirección General de Salud Pública del Ministerio de Sanidad y Consumo, en base a los avances científicos y técnicos.

Disposición adicional segunda. Muestreo de la radiactividad.

La Dirección General de Salud Pública del Ministerio de Sanidad y Consumo publicará antes de cinco años desde la entrada en vigor de esta disposición, los muestreos, frecuencias, tipos de análisis y métodos de ensayo para la determinación de los parámetros correspondientes a la radiactividad.

Hasta la publicación del muestreo para la determinación de la radiactividad, la autoridad sanitaria podrá disponer, dentro de su territorio, que se determinen los parámetros descritos para la radiactividad en aquel abastecimiento que se sospeche que los niveles en agua puedan entrañar un riesgo para la salud de la población abastecida.

Disposición adicional tercera. Muestreo de los parámetros relacionados con los materiales.

Para los casos del cromo, cobre, níquel, plomo y cualquier otro parámetro que la autoridad sanitaria considere que pudiera estar relacionado con los materiales en contacto con el agua de consumo humano, la Dirección General de Salud Pública del Ministerio de Sanidad y Consumo establecerá un método de muestreo armonizado y lo publicará antes de cinco años desde la entrada en vigor de esta disposición.

Estos métodos de recogida de muestras deberán lograr que los valores aplicados para el control adecuado para estos parámetros relacionados con los materiales de las instalaciones interiores, sean los obtenidos como valor medio semanal ingerido por los consumidores obtenidos de muestreos adecuados en grifo del consumidor y de forma representativa.

Disposición adicional cuarta. Protocolos sanitarios.

La Ponencia de Sanidad Ambiental elaborará, antes de enero de 2.005, recomenda-

ciones sanitarias para las situaciones más frecuentes de incumplimientos e incidencias que servirán de orientación a la autoridad sanitaria y al gestor para los estudios de evaluación del riesgo, recomendaciones sanitarias y medidas correctoras y preventivas, medidas de protección, así mismo publicará directrices para la transmisión de la información al consumidor sobre las aguas de consumo humano, sus instalaciones y demás información a que se refiere este Real Decreto.

Disposición adicional quinta. Informes de Síntesis.

Las Comunidades Autónomas publicarán periódicamente un Informe sobre la calidad del agua de consumo humano y las características de las zonas de abastecimiento de su territorio, con el formato y contenido que cada una de ellas decida y en base al SINAC.

La Dirección General de Salud Pública del Ministerio de Sanidad y Consumo publicará, anualmente un Informe nacional sobre la calidad del agua de consumo humano y las características de las zonas de abastecimiento en base al SINAC, que se remitirá una vez publicado a la Comisión Europea.

Disposición adicional sexta. Revisión de los criterios de calidad.

Al menos cada cinco años, la Ponencia de Sanidad Ambiental revisará los criterios de calidad del agua de consumo humano y los requisitos sanitarios de las instalaciones, a tenor del progreso científico y técnico y formulará propuestas de modificaciones cuando sea necesario.

Disposición transitoria primera. Actualización de instalaciones.

Con anterioridad al 1 de enero de 2004 se llevarán a cabo la adecuación de los tratamientos de potabilización, previsto en el artículo 10, las medidas de protección, previstas en los artículos 7.4, 8.2 y 11.2 y la implantación del sistema de aseguramiento de calidad en los laboratorios que realicen el análisis de control y completo del autocontrol, vigilancia sanitaria y control en grifo del consumidor, previsto en el artículo 16.

Antes del 1 de enero de 2012 se llevarán a cabo las reformas y adaptaciones necesarias en las redes de distribución pública o privadas y las instalaciones interiores de edificios públicos y establecimientos con actividad pública o comercial, derivadas de las exigencias incorporadas en los artículos 8, 11, 12 y 14 y en el anexo I de este Real Decreto.

Disposición transitoria segunda. Muestreo de instalaciones interiores.

La autoridad sanitaria, velará para que la administración local antes del 1 de enero

del 2012 muestree el agua de consumo humano, en campañas periódicas, en locales, establecimientos públicos o privados y domicilios particulares, representativos de cada abastecimiento, construidos con anterioridad a 1980, con especial atención a la determinación de los parámetros relacionados con los materiales instalados en las instalaciones interiores y aquellos relacionados con el mal mantenimiento de la instalación interior que pudieran representar un riesgo para la salud.

Disposición transitoria tercera. Cumplimiento con los valores paramétricos.

A la entrada en vigor de este Real Decreto todo abastecimiento deberá cumplir con los requisitos relativos a los valores paramétricos en él fijados, excepto para: antimonio, arsénico, benceno, bromato, 1,2-dicloroetano, microcistina, níquel, plomo, tetracloroetano, tricloroetano y trihalometanos, para estos parámetros, los plazos de cumplimiento serán los establecidos en la parte B del anexo I.

Disposición transitoria cuarta. Censos de sustancias para el tratamiento del agua y de productos de construcción en contacto con el agua de consumo humano.

Las empresas que comercialicen cualquier sustancia para el tratamiento del agua de consumo humano o productos de construcción en contacto con el agua de consumo humano deberán remitir, a la Dirección General de Salud Pública del Ministerio de Sanidad y Consumo, el impreso que figura en el anexo VIII o en el anexo IX, en el plazo de tres meses a partir de la entrada en vigor de este Real Decreto. Con ello se elaborará un censo de sustancias para el tratamiento del agua y un censo de productos de construcción en contacto con el agua de consumo humano.

El Ministerio de Sanidad y Consumo actualizará dichos censos.

Disposición transitoria quinta. Autorizaciones de excepción vigentes.

La autoridad sanitaria revisará y actualizará las autorizaciones de excepción vigentes a la entrada en vigor de este Real Decreto, comunicando antes de seis meses a la Dirección General de Salud Pública del Ministerio de Sanidad y Consumo las que permanezcan autorizadas con base al artículo 23 y correspondan a zonas de abastecimiento que suministren más de 1.000 m³ de agua de consumo humano por día.

Disposición transitoria sexta. Usuarios del SINAC.

A partir del 1 de junio de 2003 los usuarios ligados a zonas de abastecimiento con más de 500 habitantes podrán solicitar el alta como usuarios del SINAC a sus administradores autonómicos y a partir del 1 de enero de 2004 para el resto de los usuarios de zonas de abastecimiento menores.

Disposición derogatoria única. Derogación normativa



Quedan derogadas cuantas disposiciones de igual o inferior rango se opongan a lo establecido en el presente Real Decreto y en particular el Real Decreto 1138/1990, de 14 de septiembre, por el que se aprueba la Reglamentación técnico-sanitaria para el abastecimiento y control de calidad de las aguas potables de consumo público.

Disposición final primera. Habilitación normativa.

Se faculta conjuntamente a los Ministros de Sanidad y Consumo, de Agricultura, Pesca y Alimentación, de Medio Ambiente, de Economía y de Ciencia y Tecnología, para dictar, en el ámbito de sus respectivas competencias las disposiciones necesarias para el desarrollo de lo establecido en el presente Real Decreto.

Disposición final segunda. Título competencial.

El presente Real Decreto, que tiene carácter de norma básica, se dicta al amparo de lo dispuesto en el artículo 149.1.16ª de la Constitución y de acuerdo con lo dispuesto en los artículos 18.6, 19.2, 23, 24, 40.2, 40.13 y en la disposición adicional segunda de la Ley 14/1986, de 25 de abril, General de Sanidad.

Disposición final tercera. Entrada en vigor.

El presente Real Decreto entrará en vigor el día siguiente al de su publicación en el "Boletín Oficial del Estado".

Dado en Madrid, a 7 de febrero

*Anexo I
Parámetros y Valores Paramétricos.*

A. Parámetros Microbiológicos.



	Parámetro	Valor Paramétrico	Notas
1	<i>Escherichia coli</i>	0 UFC En 100 ml	
2	<i>Enterococo</i>	0 UFC En 100 ml	
3	<i>Clostridium perfringens</i> (incluidas las esporas)	0 UFC En 100 ml	1 y 2

NOTAS:

(1) Cuando la determinación sea positiva y exista una turbidez mayor 5 UNF se determinarán, en la salida de ETAP o depósito, si la autoridad sanitaria lo considere oportuno, *Cryptosporidium* u otros microorganismos o parásitos.

(2) Hasta el 1 de enero de 2004 se podrá determinar *Clostridium sulfito reductor* en vez de *Clostridium perfringens*. Las condiciones descritas en la nota 1 y el valor paramétrico serán los mismos para ambos.

B.1. Parámetros Químicos.

	Parámetro	Valor paramétrico	Notas
4	Antimonio Hasta el 31/12/2003	5,0 $\mu\text{g/l}$ 10,0 $\mu\text{g/l}$	
5	Arsénico Hasta el 31/12/2003	10 $\mu\text{g/l}$ 50 $\mu\text{g/l}$	
6	Benceno Hasta el 31/12/2003	1,0 $\mu\text{g/l}$ - $\mu\text{g/l}$	
7	Benzo(α)pireno	0,010 $\mu\text{g/l}$	
8	Boro	1,0 mg/l	
9	Bromato: a partir de 01/01/2.009 de 01/01/2.004 a 31/12/2.008 Hasta el 31/12/2003	10 $\mu\text{g/l}$ 25 $\mu\text{g/l}$ - $\mu\text{g/l}$	1
10	Cadmio	5,0 $\mu\text{g/l}$	
11	Cianuro	50 $\mu\text{g/l}$	
12	Cobre	2,0 mg/l	
13	Cromo	50 $\mu\text{g/l}$	
14	1,2-Dicloroetano Hasta el 31/12/2003	3,0 $\mu\text{g/l}$ - $\mu\text{g/l}$	
15	Fluoruro	1,5 mg/l	

16	Hidrocarburos Policíclicos Aromáticos (HPA) Suma de:	0,10 $\mu\text{g/l}$	
----	---	----------------------	--



	<i>Parámetro</i>	<i>Valor paramétrico</i>		<i>Notas</i>
	<i>Benzo(b)fluoranteno</i>		$\mu\text{g/l}$	
	<i>Benzo(ghi)perileno</i>		$\mu\text{g/l}$	
	<i>Benzo(k)fluoranteno</i>		$\mu\text{g/l}$	
	<i>Indeno(1,2,3-cd)pireno</i>		$\mu\text{g/l}$	
17	<i>Mercurio</i>	1,0	$\mu\text{g/l}$	
18	<i>Microcistina</i>	1	$\mu\text{g/l}$	2
	<i>Hasta el 31/12/2003</i>	-	$\mu\text{g/l}$	
19	<i>Níquel</i>	20	$\mu\text{g/l}$	
	<i>Hasta el 31/12/2003</i>	50	$\mu\text{g/l}$	
20	<i>Nitrato</i>	50	mg/l	3
21	<i>Nitritos</i>			3 y 4
	<i>Red de distribución</i>	0,5	mg/l	
	<i>En la salida de la ETAP/depósito</i>	0.1	mg/l	
22	<i>Total de plaguicidas</i>	0,50	$\mu\text{g/l}$	5 y 6
23	<i>Plaguicida individual</i>	0,10	$\mu\text{g/l}$	6
	<i>Excepto para los casos de:</i>			
	<i>Aldrin</i>	0,03	$\mu\text{g/l}$	
	<i>Dieldrin</i>	0,03	$\mu\text{g/l}$	
	<i>Heptacloro</i>	0,03	$\mu\text{g/l}$	
	<i>Heptacloro epóxido</i>	0,03	$\mu\text{g/l}$	
24	<i>Plomo</i>			
	<i>a partir de 01/01/2.014</i>	10	$\mu\text{g/l}$	
	<i>de 01/01/2.004 a 31/12/2.013</i>	25	$\mu\text{g/l}$	
	<i>Hasta el 31/12/2003</i>	50	$\mu\text{g/l}$	
25	<i>Selenio</i>	10	$\mu\text{g/l}$	
26	<i>Trihalometanos (THMs): Suma de:</i>			7 y 8
	<i>a partir de 01/01/2.009</i>	100	$\mu\text{g/l}$	
	<i>De 01/01/2.004 a 31/12/2.008</i>	150	$\mu\text{g/l}$	
	<i>Hasta el 31/12/2003</i>	-	$\mu\text{g/l}$	
	<i>Bromodiclorometano</i>		$\mu\text{g/l}$	
	<i>Bromoformo</i>		$\mu\text{g/l}$	
	<i>Cloroformo</i>		$\mu\text{g/l}$	
	<i>Dibromoclorometano</i>		$\mu\text{g/l}$	
27	<i>Tricloroeteno + Tetracloroeteno:</i>	10	$\mu\text{g/l}$	
	<i>Hasta el 31/12/2003</i>	-	$\mu\text{g/l}$	
	<i>Tetracloroeteno</i>		$\mu\text{g/l}$	
	<i>Tricloroeteno</i>		$\mu\text{g/l}$	

NOTAS:

(1) Se determinará cuando se utilice el ozono en el tratamiento de potabilización y se determinará al menos a la salida de la ETAP.

(2) Solo se determinará cuando exista sospecha de eutrofización en el agua de la

captación, se realizará determinación de microcistina a la Salida ETAP o depósito de cabecera.

- (3) *Se cumplirá la condición de que $[\text{nitrato}]/50 + [\text{nitrato}]/3 < 1$. Donde los corchetes significan concentraciones en mg/l para el nitrato (NO_3) y para el nitrito (NO_2).*
- (4) *Se determinará cuando se utilice la cloraminación como método de desinfección.*
- (5) *Suma de todos los plaguicidas definidos en el apartado 10 del artículo 2 que se sospeche puedan estar presentes en el agua.*
- (6) *Las Comunidades Autónomas velarán para que se adopten las medidas necesarias para poner a disposición de la autoridad sanitaria y de los gestores del abastecimiento, el listado de plaguicidas fitosanitarios utilizados mayoritariamente en cada una de las campañas contra plagas del campo y que puedan estar presentes en los recursos hídricos susceptibles de ser utilizados para la producción de agua de consumo humano.*
- (7) *Se determinará cuando se utilice el cloro o sus derivados en el tratamiento de potabilización.
Si se utiliza el dióxido de cloro se determinarán cloritos a la salida de la ETAP o depósito de cabecera.*
- (8) *En los casos de que los niveles estén por encima del valor paramétrico, se determinarán: 2,4,6-triclorofenol u otros subproductos de la desinfección a la salida de la ETAP o depósito de cabecera.*

B.2. Parámetros químicos que se controlan según las especificaciones del producto.

	<i>Parámetro</i>	<i>Valor Paramétrico</i>	<i>Notas</i>
28	<i>Acrilamida</i>	<i>0,10 $\mu\text{g/l}$</i>	<i>1</i>
29	<i>Epíclorhidrina</i>	<i>0,10 $\mu\text{g/l}$</i>	<i>1</i>
30	<i>Cloruro de vinilo</i>	<i>0,50 $\mu\text{g/l}$</i>	<i>1</i>

NOTA

- (1) *Estos valores paramétricos corresponden a la concentración monomérica residual en el agua, calculada con arreglo a las características de la migración máxima del polímero correspondiente en contacto con el agua.*

La empresa que comercialice estos productos presentará a los gestores del abastecimiento y a los instaladores de las instalaciones interiores la documentación que

acredite la migración máxima del producto comercial en contacto con el agua de consumo utilizado según las especificaciones de uso del fabricante.

C. Parámetros Indicadores.

	Parámetro	Valor Paramétrico	Notas
31	Bacterias coliformes	0 UFC En 100 ml	
32	Recuento de colonias a 22 °C A la salida de ETAP En red de distribución	100 UFC En 1 ml Sin cambios anómalos	
33	Aluminio	200 µg/l	
34	Amonio	0,50 mg/l	
35	Carbono Orgánico total	Sin cambios mg/l anómalos	1
36	Cloro combinado residual	2,0 mg/l	2, 3 y 4
37	Cloro libre residual	1,0 mg/l	2 y 3
38	Cloruro	250 mg/l	
39	Color	15 mg/l Pt/Co	
40	Conductividad	2.500 µS/cm ¹ a 20°C	5
41	Hierro	200 µg/l	
42	Manganeso	50 µg/l	
43	Olor	3 a 25°C Índice de dilución	
44	Oxidabilidad	5,0 mg O ₂ /l	1
45	pH : Valor Paramétrico mínimo Valor Paramétrico máximo	6,5 Unidades de pH 9,5 Unidades de pH	5 y 6
46	Sabor	3 a 25 °C Índice de dilución	
47	Sodio	200 mg/l	
48	Sulfato	250 mg/l	
49	Turbidez: A la salida de ETAP y/o depósito En red de distribución	1 UNF 5 UNF	

NOTAS:

(1) En abastecimientos mayores de 10.000 m³ de agua distribuida por día se determinara carbono orgánico total en el resto de los casos, oxidabilidad.

(2) Los valores paramétricos se refieren a niveles en red de distribución. La determinación de estos parámetros se podrá realizar también in situ.

En el caso de la industria alimentaria, este parámetro no se contemplará en el agua



de proceso.

(3) Se determinará cuando se utilice el cloro o sus derivados en el tratamiento de potabilización.

Si se utiliza el dióxido de cloro se determinarán cloritos a la salida de la ETAP.

(4) Se determinará cuando se utilice la cloraminación como método de desinfección.

(5) El agua en ningún momento podrá ser ni agresiva ni incrustante. El resultado de calcular el Índice de Langelier debería estar comprendido entre +/- 0,5.

(6) Para la industria alimentaria, el valor mínimo podrá reducirse a 4,5 unidades de pH.

D. Radiactividad.

	Parámetro	Valor Paramétrico		Notas
50	Dosis indicativa total	0,10	mSv/año	1
51	Tritio	100	Bq/l	
52	Actividad α total	0,1	Bq/l	
53	Actividad β resto	1	Bq/l	2

NOTAS:

(1) Excluidos el Tritio, el Potasio⁴⁰, el Radón y los productos de desintegración del Radón.

(2) Excluidos el Potasio⁴⁰ y el Tritio

Anexo II

Normas UNE-EN de sustancias utilizadas en el tratamiento del agua de consumo humano.

<i>Código de Norma</i>	<i>SUSTANCIAS O PREPARADO</i>
<i>UNE-EN 13194:2001</i>	<i>ÁCIDO ACÉTICO.</i>
<i>UNE-EN 939:2000</i>	<i>ÁCIDO CLORHÍDRICO.</i>
<i>UNE-EN 974:1998</i>	<i>ÁCIDO FOSFÓRICO.</i>
<i>UNE-EN 899:1997</i>	<i>ÁCIDO SULFÚRICO.</i>
<i>UNE-EN 1405:1998</i>	<i>ALGINATO DE SODIO.</i>
<i>UNE-EN 1406:1998</i>	<i>ALMIDONES MODIFICADOS.</i>
<i>UNE-EN 882:1997</i>	<i>ALUMINATO DE SODIO.</i>
<i>UNE-EN 12905:2000</i>	<i>ALUMINOSILICATO EXPANDIDO.</i>
<i>UNE-EN 12126:1999</i>	<i>AMONÍACO LICUADO.</i>
<i>UNE-EN 12122:1999</i>	<i>AMONÍACO.</i>
<i>UNE-EN 12909:2000</i>	<i>ANTRACITA.</i>
<i>UNE-EN 12911:2000</i>	<i>ARENA VERDE DE MANGANESO.</i>
<i>UNE-EN 12912:2000</i>	<i>BARITA.</i>
<i>UNE-EN 1204:1998</i>	<i>BIS-DIHIDRÓGENOFOSFATO DE CALCIO.</i>
<i>UNE-EN 12518:2000</i>	<i>CAL.</i>
<i>UNE-EN 12903:2000</i>	<i>CARBÓN ACTIVO EN POLVO.</i>
<i>UNE-EN 12915:2000</i>	<i>CARBÓN ACTIVO GRANULADO.</i>
<i>UNE-EN 12907:2000</i>	<i>CARBÓN PIROLIZADO.</i>
<i>UNE-EN 1018:1998</i>	<i>CARBONATO DE CALCIO.</i>
<i>UNE-EN 897:1999</i>	<i>CARBONATO DE SODIO.</i>
<i>UNE-EN 938:2000</i>	<i>CLORITO DE SODIO.</i>
<i>UNE-EN 937:1999</i>	<i>CLORO.</i>
<i>UNE-EN 891:1999</i>	<i>CLOROSULFATO DE HIERRO (III).</i>
<i>UNE-EN 881:1997</i>	<i>CLORURO DE ALUMINIO, HIDROXICLORURO DE ALUMINIO E HIDROXICLOROSULFATO DE ALUMINIO (MONÓMEROS).</i>
<i>UNE-EN 1421:1996</i>	<i>CLORURO DE AMONIO.</i>
<i>UNE-EN 888:1999</i>	<i>CLORURO DE HIERRO (III).</i>
<i>UNE-EN 1201:1998</i>	<i>DIHIDRÓGENOFOSFATO DE POTASIO.</i>
<i>UNE-EN 1198:1998</i>	<i>DIHIDRÓGENOFOSFATO DE SODIO.</i>
<i>UNE-EN 1205:1998</i>	<i>DIHIDROGENOPIROFOSFATO DE SODIO.</i>
<i>UNE-EN 1019:1996</i>	<i>DIÓXIDO DE AZUFRE.</i>
<i>UNE-EN 936:1998</i>	<i>DIÓXIDO DE CARBONO.</i>
<i>UNE-EN 12671:2000</i>	<i>DIÓXIDO DE CLORO.</i>
<i>UNE-EN 12121:1999</i>	<i>DISULFITO DE SODIO.</i>
<i>UNE-EN 1017:1998</i>	<i>DOLOMITA SEMI-CALCINADA.</i>
<i>UNE-EN 13176:2001</i>	<i>ETANOL.</i>
<i>UNE-EN 12173:1999</i>	<i>FLUORURO DE SODIO.</i>
<i>UNE-EN 1203:1998</i>	<i>FOSFATO TRIPOTÁSICO.</i>
<i>UNE-EN 1200:1998</i>	<i>FOSFATO TRISÓDICO.</i>

<i>Código de Norma</i>	<i>SUSTANCIAS O PREPARADO</i>
<i>UNE-EN 12910:2000</i>	<i>GRANATE.</i>
<i>UNE-EN 898:1998</i>	<i>HIDRÓGENO CARBONATO DE SODIO.</i>
<i>UNE-EN 12120:1999</i>	<i>HIDRÓGENO SULFITO DE SODIO.</i>
<i>UNE-EN 1202:1998</i>	<i>HIDRÓGENOFOSFATO DE POTASIO.</i>
<i>UNE-EN 1199:1998</i>	<i>HIDROGENOFOSFATO DE SODIO.</i>
<i>UNE-EN 896:1999</i>	<i>HIDRÓXIDO DE SODIO.</i>
<i>UNE-EN 900:2000</i>	<i>HIPOCLORITO DE CALCIO.</i>
<i>UNE-EN 901:2000</i>	<i>HIPOCLORITO DE SODIO.</i>
<i>UNE-EN 12901:2000</i>	<i>MATERIALES INORGÁNICOS DE FILTRACIÓN Y SOPORTE.</i>
<i>UNE-EN 12876:2000</i>	<i>OXÍGENO.</i>
<i>UNE-EN 1278:1999</i>	<i>OZONO.</i>
<i>UNE-EN 12914:2000</i>	<i>PERLITA EN POLVO.</i>
<i>UNE-EN 12672:2001</i>	<i>PERMANGANATO DE POTASIO.</i>
<i>UNE-EN 902:2000</i>	<i>PERÓXIDO DE HIDRÓGENO.</i>
<i>UNE-EN 12926:2001</i>	<i>PEROXODISULFATO DE SODIO.</i>
<i>UNE-EN 12678:2000</i>	<i>PEROXOMONOSULFATO DE POTASIO.</i>
<i>UNE-EN 12906:2000</i>	<i>PIEDRA PÓMEZ.</i>
<i>UNE-EN 1207:1998</i>	<i>PIROFOSFATO TETRAPOTÁSICO.</i>
<i>UNE-EN 1206:1998</i>	<i>PIROFOSFATO TETRASÓDICO.</i>
<i>UNE-EN 1408:1998</i>	<i>POLI(CLORURO DE DIALILDIMETILAMONIO).</i>
<i>UNE-EN 1407:1998</i>	<i>POLIACRILAMIDAS ANIÓNICAS Y NO IÓNICAS.</i>
<i>UNE-EN 1410:1998</i>	<i>POLIACRILAMIDAS CATIONICAS.</i>
<i>UNE-EN 1409:1998</i>	<i>POLIAMINAS.</i>
<i>UNE-EN 1208:1998</i>	<i>POLIFOSFATO DE SODIO Y CALCIO.</i>
<i>UNE-EN 1212:1998</i>	<i>POLIFOSFATO DE SODIO.</i>
<i>UNE-EN 883:1997</i>	<i>POLIHIDROXICLORURO DE ALUMINIO Y POLIHIDROXICLOROSULFATO DE ALUMINIO.</i>
<i>UNE-EN 12933:2000</i>	<i>ÁCIDO TRICLOROISOCIANÚRICO *.</i>
<i>UNE-EN 12931:2000</i>	<i>DICLOROISOCIANURATO DE SODIO, ANHIDRO *.</i>
<i>UNE-EN 12932:2000</i>	<i>DICLOROISOCIANURATO DE SODIO, DIHIDRATADO *.</i>
<i>UNE-EN 1209:1998</i>	<i>SILICATO DE SODIO.</i>
<i>UNE-EN 878:1997</i>	<i>SULFATO DE ALUMINIO.</i>
<i>UNE-EN 12123:1999</i>	<i>SULFATO DE AMONIO.</i>
<i>UNE-EN 12386:1999</i>	<i>SULFATO DE COBRE.</i>
<i>UNE-EN 889:1999</i>	<i>SULFATO DE HIERRO (II).</i>
<i>UNE-EN 890:1999</i>	<i>SULFATO DE HIERRO (III).</i>
<i>UNE-EN 12124:1999</i>	<i>SULFATO DE SODIO.</i>
<i>UNE-EN 12913:2000</i>	<i>TIERRA DE DIATOMEAS EN POLVO.</i>
<i>UNE-EN 12125:1999</i>	<i>TIOSULFATO DE SODIO.</i>
<i>UNE-EN 1211:1998</i>	<i>TRIPOLIFOSFATO DE POTASIO.</i>
<i>UNE-EN 1210:1998</i>	<i>TRIPOLIFOSFATO DE SODIO.</i>

* *Productos químicos utilizados en caso de urgencia*



Anexo III

Laboratorios de control de la calidad del agua de consumo humano.

1. *Laboratorio*
 - a) *Nombre*
 - b) *Dirección*
 - c) *CP /Ciudad*
 - d) *Teléfono*
 - e) *Fax*
 - f) *Correo electrónico*
2. *Tipo de aseguramiento de la calidad:*
 - a) *Acreditación por la UNE-EN ISO/IEC 17025 (o 45001)*
 - b) *Certificación por la UNE EN ISO 9001*
3. *Características de la Acreditación y/o Certificación*
 - a) *Acreditación o Certificación número*
 - b) *Fecha de la obtención de la acreditación o de la certificación*
 - c) *Fecha de la última renovación*
 - d) *Solo en el caso de Acreditación, señalar los parámetros para los cuales se está acreditado*
4. *Adjuntar aparte, la fotocopia del alcance de Acreditación o de la certificación*

fecha y firma

Dirigir a:

Dirección General de Salud Pública del Ministerio de Sanidad y Consumo

Anexo IV

Métodos de ensayos.

A. Parámetros para los que se especifican métodos de ensayo

Los siguientes métodos de ensayo se dan ya sea como referencia, en los casos de métodos UNE, ISO o CEN, o como guía, en espera de la posible adopción de nuevos métodos nacionales para dichos parámetros.

Los laboratorios podrán emplear métodos alternativos, siempre que estén validados o acreditados o se haya demostrado su equivalencia y se cumpla lo dispuesto en el artículo 16.3.

*Bacterias coliformes y Escherichia coli (E.coli)
Enterococos
Enumeración de microorganismos cultivables –
Recuento de colonias a 22°C.*

*UNE EN ISO 9308-1: 2000
UNE EN ISO 7899-2: 2001
UNE EN ISO 6222: 1999*

Clostridium perfringens (incluidas las esporas)

Filtrado sobre membrana e incubación anaerobia de la membrana en agar m-CP (Nota 1) a (44 +/- 1) °C durante (21 +/- 3) horas. Recuento de las colonias de color amarillo opaco que cambien a color rosa o rojo al cabo de 20 a 30 segundos de exposición a vapores de hidróxido amónico.

Nota 1.

La composición del agar m-CP es:

Medio de base:

<i>Triptosa</i>	<i>30 g</i>
<i>Extracto de levadura</i>	<i>20 g</i>
<i>Sacarosa</i>	<i>5 g</i>
<i>Hidrocloreuro de L-cisteina</i>	<i>1 g</i>
<i>MgSO₄ - 7H₂O</i>	<i>0,1 g</i>
<i>Púrpura de bromocresol</i>	<i>40 mg</i>
<i>Agar</i>	<i>15 g</i>
<i>Agua</i>	<i>1000 ml</i>

Disolver los ingredientes en el medio de base, ajustar el pH a 7,6 y mantener en el autoclave a 121°C durante 15 minutos.

Dejar enfriar el medio y añadir:

<i>D-cicloserina</i>	<i>400 mg</i>
<i>B-sulfato de polimixina</i>	<i>25 mg</i>
<i>B-D-glucosuro de indoxyl deberá disolverse en 8 ml de agua destilada estéril antes de añadirse</i>	<i>60 mg</i>
<i>Solución de difosfato de fenoltaleina al 0.5% esterilizada por filtración</i>	<i>20 ml</i>
<i>FeCl₃ - 6H₂O al 4,5% esterilizada por filtración</i>	<i>2 ml</i>

B. Parámetros para los que se especifican las características de los resultados

1. En relación con los siguientes parámetros, las características que se especifican para los resultados suponen que, como mínimo, el método de ensayo utilizado tendrá el límite de detección indicado, y será capaz de medir concentraciones iguales al Valor Paramétrico (VP) con la exactitud y precisión especificadas.

Sea cual fuere la sensibilidad del método de ensayo empleado, el resultado se expresará empleando como mínimo el mismo número de cifras decimales que para el valor paramétrico considerado en las partes B y C del anexo I.



PARÁMETROS	EXACTITUD % EN EL VP (Nota 1)	PRECISIÓN % EN EL VP (Nota 2)	LÍMITE DE DETECCIÓN % DEL VP (Nota 3)	CONDICIONES	NOTAS
<i>Acrilamida</i>				<i>Controlar según la especificación del producto</i>	
<i>Aluminio</i>	10	10	10		
<i>Amonio</i>	10	10	10		
<i>Antimonio</i>	25	25	25		
<i>Arsénico</i>	10	10	10		
<i>Benceno</i>	25	25	25		
<i>Benzo(a)pireno</i>	25	25	25		
<i>Boro</i>	10	10	10		
<i>Bromato</i>	25	25	25		
<i>Cadmio</i>	10	10	10		
<i>Cianuro</i>	10	10	10		4
<i>Cloruro</i>	10	10	10		
<i>Cloruro de vinilo</i>				<i>Controlar según la especificación del producto</i>	
<i>Cobre</i>	10	10	10		
<i>Conductividad</i>	10	10	10		
<i>Cromo</i>	10	10	10		
<i>1,2-dicloroetano</i>	25	25	10		
<i>Epiclorhidrina</i>				<i>Controlar según la especificación del producto</i>	
<i>Fluoruro</i>	10	10	10		
<i>Hierro</i>	10	10	10		
<i>HPA</i>	25	25	25		5 y 9
<i>Manganeso</i>	10	10	10		
<i>Mercurio</i>	20	10	20		
<i>Níquel</i>	10	10	10		
<i>Nitrato</i>	10	10	10		
<i>Nitrito</i>	10	10	10		
<i>Oxidabilidad</i>	25	25	10		6
<i>Plaguicidas</i>	25	25	25		7 y 9
<i>Plomo</i>	10	10	10		
<i>Selenio</i>	10	10	10		
<i>Sodio</i>	10	10	10		
<i>Sulfato</i>	10	10	10		
<i>Tetracloroetano</i>	25	25	10		8

PARÁMETROS	EXACTITUD % EN EL VP (Nota 1)	PRECISIÓN % EN EL VP (Nota 2)	LÍMITE DE DETECCIÓN % DEL VP (Nota 3)	CONDICIONES	NOTAS
THMs	25	25	10		5
Tricloroetano	25	25	10		8
Turbidez	25	25	25		

NOTAS:

- (1) Por exactitud se entiende el error sistemático y representa la diferencia entre el valor medio del gran número de mediciones reiteradas y el valor exacto. (*)
- (2) Por precisión se entiende el error aleatorio y se expresa habitualmente como la desviación típica (dentro de cada lote y entre lotes) de la dispersión de resultados entorno a la media. Se considera una precisión aceptable el doble de la desviación típica relativa. (*)
- (*) Estos términos se definen con mayor detalle en la norma ISO 5725.
- (3) El límite de detección es:
Ya sea el triple de la desviación típica relativa dentro del lote de una muestra natural que contenga una baja concentración del parámetro, o bien el quintuplo de la desviación típica relativa dentro del lote de una muestra en blanco.
- (4) El método debe determinar el cianuro total en todas sus formas, a partir del 1 de enero de 2004.
- (5) Las características que se especifican para los resultados se aplican a cada una de las sustancias especificadas al 25% del valor paramétrico en el anexo I.
- (6) La oxidación deberá efectuarse durante 10 minutos a ebullición en condiciones de acidez, utilizando permanganato.
- (7) Las características que se especifican para los resultados se aplican a cada uno de los plaguicidas y dependerán del plaguicida de que se trate.
- (8) Las características que se especifican para los resultados se aplican a cada una de las sustancias especificadas al 50% del valor paramétrico en el anexo I.
- (9) Aunque no sea posible, por el momento, cumplir con el límite de detección para algún Plaguicida e Hidrocarburo Policíclico Aromático, los laboratorios deberían tratar de cumplir esta norma.

2. Con respecto a la concentración en ion hidrógeno, las características que se especifican para los resultados suponen que el método de ensayo aplicado puede medir concentraciones iguales al valor del parámetro con una exactitud de 0,2 unidades pH y una precisión de 0,2 unidades pH.

C. Parámetros para los que no se especifica ningún método de ensayo.

Carbono orgánico total
Cloro libre residual
Cloro residual combinado
Clostridium Sulfito Reductor
Color
Criptosporidium
Microcistina
Olor
Sabor

Anexo V

Número mínimo de muestras para las aguas de consumo humano suministradas a través de una red de distribución o utilizadas en la industria alimentaria.

Nota:

Para el cálculo de la frecuencia en el caso de aguas suministradas a través de una red de distribución, se puede utilizar el número de personas abastecidas, considerando una dotación media de 200 litros por habitante y día.

A. Autocontrol

1. Análisis de Control

a) A la salida de cada ETAP ⁽¹⁾ o depósito de cabecera:

Volumen de agua tratada por día en m ³	Numero mínimo de muestras al año
< 100	1
> 100 - < 1.000	2
> 1.000	2 por cada 1.000 m ³ /día y fracción del volumen total

b) A la salida de los depósitos de regulación y/o de distribución ⁽²⁾ (incluido el de la industria alimentaria)

<i>Capacidad del depósito en m³</i>	<i>Numero mínimo de muestras al año</i>
< 100	A criterio de la Autoridad Sanitaria
> 100 - < 1.000	1
> 1.000 - < 10.000	6
> 10.000 - < 100.000	12
> 100.000	24

c) *En la red de distribución e industria alimentaria*

<i>Volumen de agua distribuido por día en m³</i>	<i>Numero mínimo de muestras al año</i>
< 100	1
> 100 - < 1.000	2
> 1.000	1 + 1 por cada 1.000 m ³ /día y fracción del volumen total

Notas:

- (1) Cuando no exista una ETAP, la frecuencia mínima señalada para el análisis de control en ETAP se sumará a la frecuencia mínima establecida en los párrafos b) y c) según disponga la autoridad sanitaria.
- (2) Cuando exista una ETAP la frecuencia mínima en depósitos se podrá reducir según disponga la autoridad sanitaria.

2. *Análisis Completo*

a) *A la salida de cada ETAP o depósito de cabecera:*

<i>Volumen de agua tratada por día en m³</i>	<i>Numero mínimo de muestras al año</i>
< 100	A criterio de la Autoridad Sanitaria
> 100 - < 1.000	1
> 1.000 - < 10.000	1 por cada 5.000 m ³ /día y fracción del volumen total
> 10.000 - < 100.000	2 + 1 por cada 20.000 m ³ /día y fracción del volumen total
> 100.000	5 + 1 por cada 50.000 m ³ /día y fracción del volumen total

b) *A la salida de los depósitos de regulación y/o de distribución (incluido el*



de la industria alimentaria)

Capacidad del depósito en m ³	Numero mínimo de muestras al año
<1.000	A criterio de la Autoridad Sanitaria
>1.000 - <10.000	1
>10.000 - <100.000	2
>100.000	6

c) En la red de distribución o industria alimentaria

Volumen de agua distribuido por día en m ³	Numero mínimo de muestras al año
<100	A criterio de la Autoridad Sanitaria
>100 - <1.000	1
>1.000 - <10.000	1 por cada 5.000 m ³ /día y fracción del volumen total
>10.000 - <100.000	2 + 1 por cada 20.000 m ³ /día y fracción del volumen total
>100.000	5 + 1 por cada 50.000 m ³ /día y fracción del volumen total

B. Control en grifo del consumidor

Número de habitantes suministrados	Numero mínimo de muestras al año
≤500	4
>500 - ≤5.000	6
>5.000	6 + 2 por cada 5.000 hb. y fracción

Anexo VI

A. Solicitud de autorización de excepción.

1. Gestor

- a) Entidad
- b) Dirección
- c) CP y Ciudad (Provincia)
- d) Teléfono
- e) Fax
- f) Correo electrónico

2. Zona de Abastecimiento

- a) Denominación
- b) Código
- c) Población afectada



- d) *Volumen de agua distribuida por día (m³)*
- 3. *Tipo de excepción*
 - a) *Autorización*
 - b) *1ª Prórroga*
 - c) *2ª Prórroga*
 - d) *Excepción de corta duración*
- 4. *Características de la excepción*
 - a) *Parámetro*
 - b) *Nuevo valor paramétrico propuesto*
 - c) *Duración prevista de la excepción*
 - d) *Motivos por el que se solicita la autorización de excepción*
- 5. *Adjuntar aparte el Informe Documental (original y copia)*
- 6. *En caso de prórroga, adjuntar aparte el Estudio de Situación (original y copia)*

Fecha y firma

*Dirigir a:
Autoridad sanitaria*

*Anexo VI
B. Comunicación de la autorización de la excepción.*

- 1. *Gestor*
 - a) *Entidad*
- 2. *Zona de abastecimiento*
 - a) *Denominación*
 - b) *Código de la zona de abastecimiento*
 - c) *Población afectada*
 - d) *Volumen de agua distribuida por día (m³)*
- 3. *Tipo de excepción*
 - a) *Autorización*
 - b) *1ª Prórroga*
 - c) *2ª Prórroga*
- 4. *Características de la excepción*
 - a) *Parámetro*

- b) *Nuevo valor paramétrico autorizado*
 - c) *Fecha de la Autorización*
 - d) *Duración prevista de la autorización*
 - e) *Motivos de la solicitud de la excepción*
5. *En todos los casos y para su remisión a la Comisión de la Unión Europea, adjuntar aparte:*
- a) *Informe Documental completo*
 - b) *Listado de las industrias alimentarias pertinentes*
6. *En caso de prorrogas, adjuntar aparte el Estudio de Situación*

Fecha y firma de la Autoridad que autoriza la excepción

Dirigir a:

Dirección General de Salud Pública. Ministerio de Sanidad y Consumo

Anexo VII

Notificación de Incumplimientos.

1. *Gestor*
 - a) *Entidad*
 - b) *Dirección*
 - c) *CP y Ciudad (Provincia)*
 - d) *Teléfono*
 - e) *Fax*
 - f) *Correo electrónico*
2. *Laboratorio*
 - a) *Entidad*
3. *Zona de abastecimiento*
 - a) *Denominación*
 - b) *Código de la Zona de Abastecimiento*
 - c) *Población afectada*
 - d) *Volumen de agua distribuida por día (m³)*
4. *Características del incumplimiento*
 - a) *Punto/s de muestreo en el que se ha detectado el incumplimiento*
 - b) *Fecha de la toma de muestra*
 - c) *Motivo/s que ha causado el incumplimiento*

- d) *Parámetro/s y Valor cuantificado*
 - e) *Fecha de confirmación del incumplimiento*
 - f) *Plazo propuesto para subsanar el incumplimiento*
5. *Adjuntar aparte:*
- a) *Medidas correctoras y preventivas previstas.*
 - b) *Propuesta de comunicación para transmitir a los consumidores.*

Fecha y Firma

Dirigir a:
Autoridad sanitaria

Anexo VIII
Sustancias utilizadas en el tratamiento de potabilización.

1. *Empresa comunicante*
 - a) *Nombre*
 - b) *Dirección:*
 - c) *CP, Ciudad (Provincia)*
 - d) *Teléfono*
 - e) *Fax*
 - f) *Correo electrónico*
 - g) *Número de registro sanitario de la empresa*
2. *Sustancia o producto*
 - a) *Fabricante*
 - b) *Nombre comercial del producto*
 - c) *Clasificación del producto **
 - d) *Etiquetado del producto:*
 - (1) *Frases de riesgo (R)*
 - (2) *Consejos de prudencia (S)*
 - e) *Tamaño del envase*
 - f) *Forma de presentación del producto*
 - g) *Modo de empleo*
 - h) *Dosis de aplicación*
 - i) *Finalidad del producto*
 - j) *Número de registro sanitario o autorización del producto (si procede)*
 - k) *Incompatibilidades con otros productos y/o materiales*
3. *Notificación a la Unión Europea*

En el caso de sustancias incluidas en la definición del artículo 2.11. a), b) y c) del presente Real Decreto que estén bajo el Reglamento 1896/2000 de la Comisión de 7

de septiembre de 2000, relativo a la primera fase del programa contemplado en el apartado 2 del artículo 16 de la Directiva 98/8/CE del Parlamento Europeo y del Consejo sobre Biocidas (DOCE L 228, 08/09/2000), señalar la fecha de notificación a la Unión Europea:

4. *Adjuntar aparte:*
- a) *Composición cualitativa y cuantitativa al 100%, incluidas impurezas, N° CAS y N° CE.*
 - b) *Etiqueta original del producto*

** Real Decreto 363/1995 y Real Decreto 1425/1998.*

fecha y firma

*Dirigir a:
Dirección General de Salud Pública del Ministerio de Sanidad y Consumo*

*Anexo IX
Productos de construcción en contacto con agua de consumo humano*

1. *Empresa comunicante*
 - a) *Nombre*
 - b) *Dirección*
 - c) *CP, Ciudad (Provincia)*
 - d) *Teléfono*
 - e) *Fax*
 - f) *Correo electrónico*
 - g) *Número de registro sanitario de la empresa*

2. *Producto*
 - a) *Fabricante*
 - b) *Nombre comercial del producto*
 - c) *Finalidad del producto para:*
 - (1) *Tubería*
 - (2) *Depósito*
 - (3) *Junta o soldadura*
 - (4) *Revestimiento*
 - (5) *Accesorio*
 - (6) *Membranas*
 - (7) *Otra (especificar)*
 - d) *Ubicación/es recomendada/s por el fabricante para el producto*
 - e) *¿Está en contacto directo con el agua de consumo humano?*



- f) Clasificación del producto * (si procede)*
- g) Número de registro sanitario o autorización del producto (si procede)*
- h) Incompatibilidades con otros productos, sustancias y/o desinfectantes*
- i) Ensayos de migración del producto al agua (si los tiene)*
- j) Ensayos de reacción química del producto a 20 ppm de cloro (si lo tiene)*

3. Adjuntar aparte:

- a) Composición cualitativa y cuantitativa al 100%, incluidas impurezas, N° CAS y N° CE.*
- b) Etiqueta original del producto*

** Real Decreto 363/1995 y Real Decreto 1425/1998.*

fecha y firma

Dirigir a:

Dirección General de Salud Pública del Ministerio de Sanidad y Consumo





MINISTERIO DE SANIDAD Y CONSUMO

19793 ORDEN SCO/3719/2005, de 21 de noviembre, sobre sustancias para el tratamiento del agua destinada a la producción de agua de consumo humano.

El Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano, incorpora a nuestro derecho interno la Directiva 98/83/CE del Consejo, de 3 de noviembre de 1998, relativa a la calidad del agua destinada al consumo humano.

El objetivo esencial de esta norma es la protección de la salud humana asegurando el uso seguro de las sustancias utilizadas en el tratamiento del agua destinada a la producción de agua de consumo humano.

En el artículo 9, relativo a las sustancias para el tratamiento del agua, se indica que cualquier sustancia o preparado que se añada al agua deberá cumplir la norma UNE-EN vigente en cada momento. A tal efecto en el anexo II se hace referencia a las normas UNE-EN de sustancias utilizadas en el tratamiento del agua de consumo humano.

Esta orden regula la actualización de las sustancias relacionadas en el anexo II del Real Decreto 140/2003 y, además, dado que se han observado ciertos problemas en la aplicación de los criterios sanitarios que recoge esa norma, se establecen requisitos adicionales de uso de dichas sustancias.

El establecimiento de estos requisitos de uso se basa en el principio de precaución, a fin de que ninguna de las sustancias que se utilicen en el tratamiento o distribución de las aguas destinadas al consumo humano, ni tampoco las impurezas asociadas a estas sustancias, permanezcan en concentraciones superiores a lo dispuesto en la legislación vigente, con el fin de que no supongan un menoscabo directo o indirecto para la protección de la salud humana.

Por último, esta orden deroga la Resolución de la Subsecretaría de Sanidad y Consumo, de 23 de abril de 1984, por la que se aprueba la lista positiva de aditivos y coadyuvantes tecnológicos autorizados para el tratamiento de las aguas potables de consumo público.

Esta disposición ha sido sometida al procedimiento de información en materia de normas y reglamentaciones técnicas y de reglamentos relativos a los servicios de la sociedad de la información, previsto en la Directiva 98/34/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de junio de 1998, modificada por la Directiva 98/48/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de julio de 1998, así co-



mo en el Real Decreto 1337/1999, de 31 de julio, que incorpora estas directivas al ordenamiento jurídico español.

En su elaboración han sido oídos los sectores afectados, consultadas las Comunidades Autónomas, y ha emitido informe preceptivo la Comisión Interministerial para la Ordenación Alimentaria.

Esta orden se dicta de conformidad con lo establecido en el artículo 9.1 y en la disposición final primera del Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero.

En su virtud, dispongo:

Artículo 1. Objeto.

Esta orden tiene por objeto proteger la salud de la población garantizando el uso adecuado de las sustancias empleadas para el tratamiento del agua destinada a la producción de agua de consumo humano, para lo que se actualiza el anexo II del Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.

Artículo 2. Ámbito de aplicación.

1. Esta disposición será de aplicación a toda sustancia pura, o que forme parte de un preparado, que se agregue al agua o sea empleada en los procesos de tratamiento del agua destinada a la producción de agua consumo humano y su distribución, y al agua de proceso utilizada en la industria alimentaria, así como a todo producto utilizado para labores de mantenimiento del abastecimiento y la limpieza de superficies y equipos, que estén en contacto con el agua de consumo humano.

2. Las sustancias puras, o que formen parte de un preparado, utilizadas en las labores de mantenimiento, desincrustación y limpieza en los procesos unitarios de tratamiento basados en la tecnología de membranas, serán incorporadas de acuerdo con el procedimiento previsto en el artículo séptimo de esta orden y se registrarán por lo dispuesto en el artículo 9 del Real Decreto 140/2003 y la normativa que pudiera ser de aplicación.

Artículo 3. Requisitos de uso.

Las sustancias deberán cumplir los requisitos de uso según señala el anexo, en relación con:

- a) Lugar de aplicación: lugares donde se podrá utilizar cada sustancia; en el caso de utilizarla en otro lugar, deberá ser autorizado por la autoridad sanitaria competente.
- b) Condiciones de uso: condiciones para el fabricante, envasador, distribuidor o para el gestor del tratamiento.



c) Control analítico adicional: en aplicación del artículo 18, apartados 3 y 4, del Real Decreto 140/2003, se establecen controles adicionales según la sustancia utilizada, y la frecuencia de muestreo deberá ser como mínimo la descrita para el autocontrol en el anexo V del citado real decreto.

Artículo 4. Prohibiciones de uso.

Queda prohibida la utilización, para los usos descritos en el artículo 2, de cualquier sustancia pura, o que forme parte de un preparado, que no cumpla los requisitos establecidos en esta orden y en el Real Decreto 140/2003.

Artículo 5. Información sobre las sustancias.

A fin de garantizar que en la utilización de las sustancias se cumplen las exigencias establecidas en esta orden y en el Real Decreto 140/2003, los fabricantes, envasadores y distribuidores de las sustancias y preparados deberán facilitar a sus clientes la información suficiente, adecuada y actualizada, a ser posible por lotes, que sea indispensable para asegurar el cumplimiento de los requisitos de uso, sin perjuicio del cumplimiento de las obligaciones establecidas en la normativa vigente sobre sustancias nuevas, clasificación, envasado y etiquetado de sustancias y preparados peligrosos, registro, autorización y comercialización de biocidas y registro general sanitario de alimentos o cualquier otra normativa que pudiera ser de aplicación.

Artículo 6. Actualización del anexo II del Real Decreto 140/2003.

El anexo de esta disposición sustituye al anexo II del Real Decreto 140/2003.

Artículo 7. Actualización técnica.

A la luz de los avances científicos y técnicos se actualizará esta disposición y el Ministerio de Sanidad y Consumo elaborará, en su caso, guías técnicas sobre las sustancias definidas en el artículo 2.11 del Real Decreto 140/2003.

Disposición transitoria única. Periodo de adaptación para las poliacrilamidas.

Para el caso de las poliacrilamidas, las condiciones de uso a las que se refiere el artículo 3 y que están descritas en el anexo, serán exigibles a los seis meses a partir de la entrada en vigor de esta orden.

Disposición derogatoria única. Derogación normativa.

Se deroga la Resolución de la Subsecretaría de Sanidad y Consumo, de 23 de abril de 1984, por la que se aprueba la lista positiva de aditivos y coadyuvantes tecnológicos autorizados para el tratamiento de las aguas potables de consumo público.



Disposición final única. Entrada en vigor.

La presente orden entrará en vigor el día siguiente al de su publicación en el Boletín Oficial del Estado.

Madrid, 21 de noviembre de 2005.

SALGADO MÉNDEZ

eoi

ANEXO

PARTE A

Sustancias destinadas al tratamiento del agua de consumo humano y a la desinfección de superficies y equipos que estén en contacto con ella

Notas previas:

En aplicación del artículo 18, apartados 3 y 4, del Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, se establecen controles adicionales según la sustancia utilizada, y la frecuencia de muestreo deberá ser como mínimo la descrita para el autocontrol en el anexo V del citado Real Decreto, o la que disponga la autoridad sanitaria competente.

Los números de registro CAS se suministran únicamente a título informativo. La única referencia que identifica inequívocamente las sustancias es la norma UNE-EN en vigor.

Por VP se entiende el valor paramétrico fijado en el anexo I del Real Decreto 140/2003 para cada uno de los parámetros a controlar.

NOMBRE	REQUISITOS DE USO	NORMA UNE-EN	Nº de registro CAS	FUNCIONES PRINCIPALES
Ácido acético.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento (se entenderá como planta de tratamiento tanto una ETAP como una desaladora). Condición: Según disponga la autoridad sanitaria competente. Control analítico adicional: según disponga la autoridad sanitaria competente. 	13194	64-19-7	Desinfección
Ácido clorhídrico.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento y redes intercambiadas. Condición: Tras el tratamiento, el agua no debería ser ni agresiva ni incrustante, según la nota 6 de la parte C del anexo I del RD 140/2003. Control analítico adicional: Índice de Langlier. 	839	7647-01-0	Corrector de pH Obtención in situ de Dióxido de Cloro Regenerador Resinas

NOMBRE	REQUISITOS DE USO	NORMA UNE-EN	Nº de registro CAS	FUNCIONES PRINCIPALES
Ácido fosfórico (ácido ortofosfórico).	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: Tras el tratamiento, el agua no debería ser ni agresiva ni incrustante, según la nota 6 de la parte C del anexo I del RD 140/2003. Control analítico adicional: Índice de Langlier. 	974	7884-38-2	Inhibidor de la incrustación Control de la corrosión Desinfectador
Ácido hexafluoroposfórico.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: Uso exclusivo para fluoración del agua de consumo. Control analítico adicional: el fluoruro con niveles \leq VP. 	12175	19891-83-4	Fluoración
Ácido sulfúrico.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: Tras el tratamiento, el agua no debería ser ni agresiva ni incrustante, según la nota 6 de la parte C del anexo I del RD 140/2003. Control analítico adicional: Índice de Langlier. 	699	7884-93-8	Corrector de pH
Alumino de sodio.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: La dosis del producto no debe exceder que se supere una concentración de 0,5 mg/L de ingrediente activo en el agua tratada. Control analítico adicional: el sodio con niveles $<$ VP. 	1406	8085-38-3	Coagulación/floculación
Aluminosulfato modificado.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: La dosis del producto no debe exceder que se supere una concentración de 0,5 mg/L de ingrediente activo en el agua tratada. Control analítico adicional: según disponga la autoridad sanitaria competente. 	1468	8085-25-6 68780-68-8 9063-38-1	Coagulación/floculación

NOMBRE	REQUISITOS DE USO	NORMA UNE-EN	Nº de registro CAS	FUNCIONES PRINCIPALES
Alúmina activada granulada. (Óxido de aluminio).	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: Según disponga la autoridad sanitaria competente. Control analítico adicional: el aluminio con niveles < VP. 	13703	1344-25-1	Coagulación/floculación
Alumínico de sodio. (Óxido de aluminio y sodio).	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: Según disponga la autoridad sanitaria competente. Control analítico adicional: el sodio y el aluminio con niveles < VP. 	662	11135-45-1	Coagulación/floculación
Alumínico líquido suspendido.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: Según disponga la autoridad sanitaria competente. Control analítico adicional: el aluminio con niveles < VP. 	12905	-	Filtración
Amoníaco.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: Uso exclusivo para realizar cloraminación. Control analítico adicional: el amonio con niveles < VP. 	12122	1336-21-6	Precurador de la cloraminación
Amoníaco líquido.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: Uso exclusivo para realizar cloraminación. Control analítico adicional: el amonio con niveles < VP. 	12120	7664-41-7	Precurador de la cloraminación
Avirupita.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento, proceso de tratamiento independiente o en instalación interior. Condición: Según disponga la autoridad sanitaria competente. Control analítico adicional: según disponga la autoridad sanitaria competente. 	12909	-	Filtración

NOMBRE	REQUISITOS DE USO	NORMA UNE-EN	Nº de registro CAS	FUNCIONES PRINCIPALES
Arena verde de manganeso.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: Según disponga la autoridad sanitaria competente. Control analítico adicional: el manganeso con niveles < VP. 	12911	90367-66-9	Filtración
Arena y grava.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento, proceso de tratamiento independiente o en instalación interior. Condición: Según disponga la autoridad sanitaria competente. Control analítico adicional: según disponga la autoridad sanitaria competente. 	12904	-	Filtración
Barita.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento, proceso de tratamiento independiente o en instalación interior. Condición: Según disponga la autoridad sanitaria competente. Control analítico adicional: según disponga la autoridad sanitaria competente. 	12912	13462-66-7	Filtración
Bentonita.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento, proceso de tratamiento independiente o en instalación interior. Condición: Según disponga la autoridad sanitaria competente. Control analítico adicional: según disponga la autoridad sanitaria competente. 	13754	1302-78-6	Coadyuvante de la floculación Adsorbente
Bis-dihidrogenofosfato de calcio. (Dihidrogenofosfato de calcio).	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: Tras el tratamiento, el agua no debería ser ni aguada ni incrustante, según la nota 5 de la parte C del anexo I del RD 140/2003. Control analítico adicional: Índice de Langmuir 	1204	7768-11-4	Inhibidor de la corrosión

NOMBRE	REQUISITOS DE USO	NORMA UNE-EN	Nº de registro CAS	FUNCIONES PRINCIPALES
Cal – Hidróxido cálcico / Oxido cálcico.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: Tras el tratamiento, el agua no debería ser ni agresiva ni incrustante, según la nota 5 de la parte C del anexo I del RD 140/2003. Control analítico adicional: Índice de Langlier. 	12516	1305-82-0 1305-78-8	Corrector de pH
Carbón activo en polvo	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: La dosis no debe exceder de 100 mg/L. Control analítico adicional: según disponga la autoridad sanitaria competente. 	12903	7440-44-0	Adsorbente
Carbón activo granulado.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: Según disponga la autoridad sanitaria competente Control analítico adicional: según disponga la autoridad sanitaria competente. 	12915	7440-44-0	Adsorbente
Carbón pirulizado.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: Tras el tratamiento, el agua no debería ser ni agresiva ni incrustante, según la nota 5 de la parte C del anexo I del RD 140/2003. Control analítico adicional: Índice de Langlier. 	12907	-	Filtración
Carbonato de calcio.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: Tras el tratamiento, el agua no debería ser ni agresiva ni incrustante, según la nota 5 de la parte C del anexo I del RD 140/2003. Control analítico adicional: Índice de Langlier. 	1018	471-34-1	Corrector de pH

NOMBRE	REQUISITOS DE USO	NORMA UNE-EN	Nº de registro CAS	FUNCIONES PRINCIPALES
Carbonato cálcico resultante de dióxido de manganeso.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: Tras el tratamiento, el agua no debería ser ni agresiva ni incrustante, según la nota 5 de la parte C del anexo I del RD 140/2003. Control analítico adicional: Manganeseo con niveles <VP o Índice de Langlier. 	14366	471-34-1 1313-13-9	Corrector de pH
Carbonato de sodio.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: Tras el tratamiento, el agua no debería ser ni agresiva ni incrustante, según la nota 5 de la parte C del anexo I del RD 140/2003. Control analítico adicional: el sodio con niveles < VP o Índice de Langlier. 	807	407-18-8	Corrector de pH
Clorito de sodio.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: Uso exclusivo para generar dióxido de cloro. Control analítico adicional: THMs, asegurando que los valores en el punto de entrega al consumidor son < VP, 700µg/L para cloritos y cloratos. 	836	7758-19-2	Desinfectante/oxidante
Cloro.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento y estación de cloración. Condición: según disponga la autoridad sanitaria competente. Control analítico adicional: cloro libre residual, cloro combinado residual y THMs, asegurando que los valores en el punto de entrega al consumidor son < VP, y control de otros subproductos de la cloración. 	837	7782-60-5	Desinfectante/oxidante

NOMBRE	REQUISITOS DE USO	NORMA UNE-EN	Nº de registro CAS	FUNCIONES PRINCIPALES
Cloruro de hierro III.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: Tras el tratamiento, el agua no debería ser ni agresiva ni incrustante, según la nota 5 de la parte C del anexo I del RD 140/2003. Control analítico adicional: el hierro, el cloruro y el sulfato con niveles < VP e Índice de Langlier. 	891	12410-14-9	Coagulante/floculante
Cloruro de sodio.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condiciones: <ul style="list-style-type: none"> Uso exclusivo para realizar cloraminación; Tras el tratamiento incrustante, según la nota 5 de la parte C del anexo I del RD 140/2003. Control analítico adicional: el cloruro y el amonio con niveles < VP. 	1421	12125-02-9	Precurador para la cloraminación
Cloruro de aluminio, Hidrocloruro de aluminio e Hidrocloruro sulfato de aluminio.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: Tras el tratamiento, el agua no debería ser ni agresiva ni incrustante, según la nota 5 de la parte C del anexo I del RD 140/2003. Control analítico adicional: el cloruro, el aluminio y el sulfato con niveles < VP e Índice de Langlier. 	881	7448-70-0 1827-41-9 14215-15-7 36290-78-3	Coagulante/floculante
Cloruro de aluminio y de hierro III e hidroccloruro de aluminio y de hierro III	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: Tras el tratamiento, el agua no debería ser ni agresiva ni incrustante, según la nota 5 de la parte C del anexo I del RD 140/2003. Control analítico adicional: el cloruro, el aluminio y el hierro con niveles < VP e Índice de Langlier. 	995	7448-70-0 7705-08-0 1327-41-9 14215-15-7	Coagulante/floculante

NOMBRE	REQUISITOS DE USO	NORMA UNE-EN	Nº de registro CAS	FUNCIONES PRINCIPALES
Cloruro de hierro III.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: Tras el tratamiento, el agua no debería ser ni agresiva ni incrustante, según la nota 5 de la parte C del anexo I del RD 140/2003. Control analítico adicional: el cloruro y el hierro con niveles < VP e Índice de Langlier. 	888	7705-08-0 10025-77-1	Coagulante/floculante
Cloruro de sodio para la regeneración de resinas de intercambio iónico.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Resinas intercambiables. Condición: Tras el tratamiento, el agua no debería ser ni agresiva ni incrustante, según la nota 5 de la parte C del anexo I del RD 140/2003. Control analítico adicional: el cloruro y el sodio con niveles < VP e Índice de Langlier. 	973	7647-14-5	Regeneración de resinas
Dihidrógeno fosfórico de zinc en solución.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: Tras el tratamiento, el agua no debería ser ni agresiva ni incrustante, según la nota 5 de la parte C del anexo I del RD 140/2003. Control analítico adicional: sulfato y fluoruro con niveles \leq VP, el zinc con niveles < 3000 µg/L e Índice de Langlier. 	1197	13568-37-3	Inhibidor de la corrosión
Dihidrógeno fosfórico de potasio.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: Tras el tratamiento, el agua no debería ser ni agresiva ni incrustante, según la nota 5 de la parte C del anexo I del RD 140/2003. Control analítico adicional: Índice de Langlier. 	1201	7778-77-0	Inhibidor de la corrosión

NOMBRE	REQUISITOS DE USO	NORMA UNE-EN	Nº de registro CAS	FUNCIONES PRINCIPALES
Dihidrogeno fosfato de sodio.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: Tras el tratamiento, el agua no debería ser ni agresiva ni incrustante, según la nota 5 de la parte C del anexo I del RD 140/2003. Control analítico adicional: el sodio con niveles < VP e Índice de Langlier. 	1185	7765-55-7	Inhibidor de la corrosión
Dihidrogeno profosfato de sodio.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: Tras el tratamiento, el agua no debería ser ni agresiva ni incrustante, según la nota 5 de la parte C del anexo I del RD 140/2003. Control analítico adicional: el sodio con niveles < VP e Índice de Langlier. 	1205	7765-16-0	Inhibidor de la corrosión
Dióxido de azufre.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: Tras el tratamiento, el agua no debería ser ni agresiva ni incrustante, según la nota 5 de la parte C del anexo I del RD 140/2003. Control analítico adicional: Índice de Langlier y el sulfato con niveles <VP. 	1019	7446-08-5	Agente reductor
Dióxido de carbono.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: Tras el tratamiento, el agua no debería ser ni agresiva ni incrustante, según la nota 5 de la parte C del anexo I del RD 140/2003. Control analítico adicional: Índice de Langlier. 	936	124-38-9	Corrector de pH Regenerar resinas Mineralizar

NOMBRE	REQUISITOS DE USO	NORMA UNE-EN	Nº de registro CAS	FUNCIONES PRINCIPALES
Dióxido de cloro.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento, proceso de tratamiento independiente y limpieza de superficies en contacto con el agua de consumo. Condición: Siempre, tras la limpieza, se deberá realizar un aclarado con agua apta para el consumo. Control analítico adicional: THM₄, asegurando que los valores en el punto de entrega al consumidor son < VP, 700 µg/l para cloros y cloratos. 	12671	10049-04-4	Desinfectante/oxidante
Disulfito de sodio (Metabisulfito de sodio)	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento, proceso de tratamiento independiente e instalación interior. Condición: Según disponga la autoridad sanitaria competente. Control analítico adicional: el sodio y el sulfato con niveles < VP. 	12121	7681-67-4	Agente reductor
Diosulfita semi-solida	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: Tras el tratamiento, el agua no debería ser ni agresiva ni incrustante, según la nota 5 de la parte C del anexo I del RD 140/2003. Control analítico adicional: Índice de Langlier. 	1017	471-34-1 1300-48-4	Corrector de pH Filtración
Etanol.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: según disponga la autoridad sanitaria competente Control analítico adicional: según disponga la autoridad sanitaria competente. 	13178	64-17-5	Desnitrificación

NOMBRE	REQUISITOS DE USO	NORMA UNE-EN	Nº de registro CAS	FUNCIONES PRINCIPALES
Fluoruro de sodio.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: Uso exclusivo para la fluoración del agua de consumo. Control analítico adicional: el fluoruro y el sodio con niveles < VP. 	12178	7881-60-4	Fluoración
Fosfato tripotásico.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: Tras el tratamiento, el agua no debería ser ni agresiva ni incrustante, según la nota 5 de la parte C del anexo I del RD 140/2003. Control analítico adicional: el Índice de Langlet. 	1203	7778-53-2	Inhibidor de la corrosión
Fosfato trisódico.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: Tras el tratamiento, el agua no debería ser ni agresiva ni incrustante, según la nota 5 de la parte C del anexo I del RD 140/2003. Control analítico adicional: el sodio con niveles <VP e Índice de Langlet. 	1200	7001-64-0	Inhibidor de la corrosión
Gravata.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento, proceso de tratamiento independiente e instalación interior. Condición: según disponga la autoridad sanitaria competente. Control analítico adicional: según disponga la autoridad sanitaria competente. 	12910	-	Filtración
Hexafluorofosfato de sodio.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: Uso exclusivo para la fluoración de agua de consumo humano. Control analítico adicional: el fluoruro y el sodio con niveles < VP. 	12174	16893-85-9	Fluoración

NOMBRE	REQUISITOS DE USO	NORMA UNE-EN	Nº de registro CAS	FUNCIONES PRINCIPALES
Hidrogenosulfato de sodio.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento, proceso de tratamiento independiente e instalación interior. Condición: Tras el tratamiento, el agua no debería ser ni agresiva ni incrustante, según la nota 5 de la parte C del anexo I del RD 140/2003. Control analítico adicional: el sodio y el sulfato con niveles <VP e Índice de Langlet. 	12120	7631-90-6	Agente reductor
Hidrogenocarbonato de sodio	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: Tras el tratamiento, el agua no debería ser ni agresiva ni incrustante, según la nota 5 de la parte C del anexo I del RD 140/2003. Control analítico adicional: el sodio con niveles <VP e Índice de Langlet. 	806	144-56-8	Corrector de pH
Hidrogenofosfato de potasio.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: Tras el tratamiento, el agua no debería ser ni agresiva ni incrustante, según la nota 5 de la parte C del anexo I del RD 140/2003. Control analítico adicional: el Índice de Langlet. 	1202	7758-11-4.	Inhibidor de la corrosión
Hidrogenofosfato de sodio.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: Tras el tratamiento, el agua no debería ser ni agresiva ni incrustante, según la nota 5 de la parte C del anexo I del RD 140/2003. Control analítico adicional: el sodio con niveles <VP e Índice de Langlet. 	1190	7558-79-4	Inhibidor de la corrosión

NOMBRE	REQUISITOS DE USO	NORMA UNE-EN	Nº de registro CAS	FUNCIONES PRINCIPALES
Hidróxido de sodio. (sosa cáustica)	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: Tras el tratamiento, el agua no debería ser ni agresiva ni incrustante, según la nota 5 de la parte C del anexo I del RD 149/2003. Control analítico adicional: el sodio con niveles <VP e Índices de Langlier. 	886	1310-73-2	Corrector de pH
Hierro recubierto con alúmina granular activada	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: según disponga la autoridad sanitaria competente. Control analítico adicional: el aluminio y hierro con niveles < VP. 	14369	10028-22-5 1344-28-1	Coagulante/floculante
Hipoclorito de calcio.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento y como limpieza de superficies en contacto con el agua de consumo Condición: Siempre, tras la limpieza, se deberá realizar un aclarado con agua apta para el consumo humano. Control analítico adicional: cloro libre residual, cloro combinado residual, THMs, asegurando que los valores en el punto de entrega al consumidor son < VP, y control de otros subproductos de la cloración. 	900	7778-54-3	Desinfectante/oxidante
Hipoclorito de sodio.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento, proceso de tratamiento independiente o instalación interior acondicionada, y como limpieza de superficies en contacto con el agua de consumo Condición: Siempre, tras la limpieza, se deberá realizar un aclarado con agua apta para consumo. Control analítico adicional: cloro libre residual, cloro combinado residual, THMs, asegurando que los valores en el punto de entrega al consumidor son < VP, y control de otros subproductos de la cloración. 	801	7681-52-9	Desinfectante/oxidante

NOMBRE	REQUISITOS DE USO	NORMA UNE-EN	Nº de registro CAS	FUNCIONES PRINCIPALES
Oxígeno.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Captación, conducciones, Planta de tratamiento. Condición: <ul style="list-style-type: none"> Gas de proceso para la producción de ozono. Oxigenación del agua destinada a la producción de agua de consumo. Control analítico adicional: según disponga la autoridad sanitaria competente. 	12876	7782-44-7	Desinfectante/oxidante: Aireación
Ozono.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: Uso exclusivo para la ozonización del agua de consumo. Control analítico adicional: bromato con niveles < VP y control de otros subproductos. 	1278	10028-15-6	Desinfectante/oxidante
Perlitá en polvo.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: según disponga la autoridad sanitaria competente. Control analítico adicional: según disponga la autoridad sanitaria competente. 	12914	-	Filtración
Perranganato de potasio.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: según disponga la autoridad sanitaria competente. Control analítico adicional: manganato con niveles < VP. 	12672	7722-64-7	Desinfectante/oxidante
Peroxido de hidrógeno.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento y como limpieza de superficies en contacto con el agua de consumo. Condición: Siempre, tras la limpieza, se deberá realizar un aclarado posterior con agua apta para el consumo. Control analítico adicional: según disponga la autoridad sanitaria competente. 	902	7722-84-1	Desinfectante/oxidante



eoi





NOMBRE	REQUISITOS DE USO	NORMA UNE-EN	Nº de registro CAS	FUNCIONES PRINCIPALES
Peroxodisulfato de sodio (Persulfato de sodio).	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: para limpieza de superficies en contacto con el agua de consumo. Condición: Siempre, tras la limpieza, se deberá realizar un aclarado posterior con agua apta para el consumo. Control analítico adicional: según disponga la autoridad sanitaria competente. 	12626	7775-27-1	Desinfectante/oxidante
Peroxomonosulfato de potasio, (Monopersulfato de potasio).	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento y como limpieza de superficies en contacto con el agua de consumo. Condición: Siempre, tras la limpieza, se deberá realizar un aclarado posterior con agua apta para el consumo. Control analítico adicional: el sulfato con niveles <VP. 	12678	70883-62-8	Desinfectante/oxidante
Piedra pómez.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento, proceso unitario de tratamiento e instalación interior. Condición: según disponga la autoridad sanitaria competente. Control analítico adicional: según disponga la autoridad sanitaria competente. 	12908	-	Filtración
Pirofosfato tetrapotásico.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: Tras el tratamiento, el agua no debería ser ni agresiva ni incrustante, según la nota 5 de la parte C del anexo I del RD 140/2003. Control analítico adicional: Índice de Langlier. 	1207	7320-34-5	Inhibidor de la corrosión, desincrustante
Pirofosfato tetrasódico.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: Tras el tratamiento, el agua no debería ser ni agresiva ni incrustante, según la nota 5 de la parte C del anexo I del RD 140/2003. Control analítico adicional: el sodio con niveles < VP e Índice de Langlier. 	1208	7722-88-5	Inhibidor de la corrosión, desincrustante

NOMBRE	REQUISITOS DE USO	NORMA UNE-EN	Nº de registro CAS	FUNCIONES PRINCIPALES
Poli (cloruro de dialildimetilammonio)	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: La concentración no debe exceder de 10 mg/L de principio activo. Control analítico adicional: el cloruro con niveles < VP. 	1408	29082-79-3	Coagulante/floculante
Poliacrilamidas aniónicas y no iónicas	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condiciones: <ul style="list-style-type: none"> Ningún producto comercial deberá contener más de 0,02% de monómero libre de acrilamida, respecto del contenido total del ingrediente activo (% p/p). El fabricante debe informar sobre el nivel máximo de acrilamida monomérica (% p/p), según lo dispuesto en el segundo párrafo de la nota 1, del anexo I parte B2 del Real Decreto 140/2003. La dosis de ingrediente activo añadida al agua, no deberá superar un valor medio de 0,02 mg/L, y nunca exceder la concentración de 0,06 mg/L. Su uso estará condicionado a una autorización previa de la autoridad sanitaria competente. Control analítico adicional cuando exista un método normalizado: la concentración monomérica residual de acrilamida con niveles < VP. 	1407	9003-05-8 9008-04-7 25085-02-3	Coagulante/floculante

NOMBRE	REQUISITOS DE USO	NORMA UNE-EN	Nº de registro CAS	FUNCIONES PRINCIPALES
Poliacrilamidas catiónicas	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condiciones: <ul style="list-style-type: none"> Ningún producto comercial deberá contener más de 0,02% de acetato de sodio libre de acrilamida, respecto del contenido total del ingrediente activo (% p/p). El fabricante del producto debe informar sobre el nivel máximo de acrilamida monomérica (% p/p) según lo dispuesto en el segundo párrafo de la nota 1, del anexo I parte B2 del Real Decreto 140/2003. La dosis de ingrediente activo añadida al agua, no deberá superar un valor medio de 0,02 mg/l, y nunca exceder la concentración de 0,06 mg/l. Su uso estará condicionado a una esterización previa de la autoridad sanitaria competente. Control analítico adicional cuando exista un método normalizado: la concentración monomérica residual de acrilamida con niveles < VP. 	1410	80416-28-4 26000-23-4 35428-19-7 25008-98-2 60162-07-4 51410-72-1 52285-85-7 68227-18-6 55218-72-3 26790-75-8 45021-77-0	Coagulante/floculante
Poliarilinas	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condiciones: <ul style="list-style-type: none"> Ningún producto comercial deberá contener >20 mg/kg de 1-cloro-2, 3 epoxipropeno (epiclorhidrina) respecto del contenido total de principio activo (% p/p). El contenido de 3-monocloropropeno 1,2-diol por kg de ingrediente activo no deberá superar los 40 mg. El fabricante debe informar sobre el nivel máximo de epiclorhidrina (% p/p) según lo dispuesto en el segundo párrafo de la nota 1 del anexo I, parte B2 del Real Decreto 140/2003 en relación a la epiclorhidrina. La dosis de ingrediente activo no deberá superar un valor medio de 0,2 mg/l, y nunca exceder la concentración de 0,5 mg/l. Su uso estará condicionado a una autorización previa de la autoridad sanitaria competente. 	1408	28988-07-0 42761-79-1 (68583-79-1)	Coagulante/floculante

NOMBRE	REQUISITOS DE USO	NORMA UNE-EN	Nº de registro CAS	FUNCIONES PRINCIPALES
	<ul style="list-style-type: none"> Control analítico adicional cuando exista un método normalizado: La concentración residual de epiclorhidrina con niveles < VP. 			
Polidisfato de sodio (Metadisfato de sodio)	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: Tras el tratamiento, el agua no debería ser ni agresiva ni incrustante, según la nota 5 de la parte C del anexo I del RD 140/2003. Control analítico adicional: el sodio con niveles < VP e Índice de Langlier. 	1212	10124-56-8	Inhibidor de la incrustación
Polidisfato de sodio y de calcio	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: Tras el tratamiento, el agua no debería ser ni agresiva ni incrustante, según la nota 5 de la parte C del anexo I del RD 140/2003. Control analítico adicional: sodio con niveles < VP e Índice de Langlier. 	1206	(65887-17-3)	Inhibidor de la corrosión
Polidiclorosulfato de aluminio y Polidiclorosulfato de aluminio	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: Tras el tratamiento, el agua no debería ser ni agresiva ni incrustante, según la nota 5 de la parte C del anexo I del RD 140/2003. Control analítico adicional: el cloruro, sulfato (si procede) y el aluminio con niveles < VP e Índice de Langlier. 	883	1327-41-8 12042-01-0 10284-64-7 38298-76-3	Coagulante/floculante
Polidicloroprecipitado de aluminio	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: Tras el tratamiento, el agua no debería ser ni agresiva ni incrustante, según la nota 5 de la parte C del anexo I del RD 140/2003. Control analítico adicional: el cloruro y el aluminio con niveles < VP e Índice de Langlier. 	885	94994-80-1	Coagulante/floculante

NOMBRE	REQUISITOS DE USO	NORMA UNE-EN	Nº de registro CAS	FUNCIONES PRINCIPALES
Poliácido sulfónico/ácido de estireno.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: Tras el tratamiento, el agua no debería ser ni agresiva ni incrustante, según la nota 5 de la parte C del anexo I del RD 140/2003. Control analítico adicional: el sulfato y el aluminio con niveles < VP e Índice de Langkeit. 	686	131148-05-6	Coagulantifloculante
Sulfato de sodio.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: Tras el tratamiento, el agua no debería ser ni agresiva ni incrustante, según la nota 5 de la parte C del anexo I del RD 140/2003. Control analítico adicional: el sodio con niveles < VP e Índice de Langkeit. 	1200	1344-08-6	Coagulantifloculante Inhibidor de la corrosión
Sulfato de aluminio.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: según disponga la autoridad sanitaria competente. Control analítico adicional: el sulfato y el aluminio con niveles < VP. 	678	10043-01-3 10028-11-6 7760-31-6	Coagulantifloculante
Sulfato de aluminio y de hierro (III).	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: según disponga la autoridad sanitaria competente. Control analítico adicional: el sulfato, el hierro y el aluminio con niveles < VP. 	687	10043-01-3 10028-22-5	Coagulantifloculante
Sulfato de amonio.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: Uso exclusivo para desaminación de aguas de consumo. Control analítico adicional: el amonio y el sulfato con niveles < VP. 	12123	7763-20-2	Precursor para la desaminación

NOMBRE	REQUISITOS DE USO	NORMA UNE-EN	Nº de registro CAS	FUNCIONES PRINCIPALES
Sulfato de cobre.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Uso exclusivo para limpieza de superficies en contacto con el agua de consumo. Condición: Siempre, tras la limpieza, se deberá realizar un aclarado con agua apta para el consumo. Control analítico adicional: el cobre y el sulfato con niveles < VP. 	12306	7750-80-7 7768-80-7	Aluguida
Sulfato de hierro II.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: Tras el tratamiento, el agua no debería ser ni agresiva ni incrustante, según la nota 5 de la parte C del anexo I del RD 140/2003. Control analítico adicional: el sulfato y el hierro con niveles < VP. 	689	7783-63-0 7729-78-7	Coagulantifloculante
Sulfato de hierro III.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: Tras el tratamiento, el agua no debería ser ni agresiva ni incrustante, según la nota 5 de la parte C del anexo I del RD 140/2003. Control analítico adicional: el sulfato y el hierro con niveles < VP. 	690	10028-22-5	Coagulantifloculante
Sulfato de sodio.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento, proceso de tratamiento independiente o post-tratamiento inferior. Condición: Tras el tratamiento, el agua no debería ser ni agresiva ni incrustante, según la nota 5 de la parte C del anexo I del RD 140/2003. Control analítico adicional: el sulfato y el sodio con niveles < VP e Índice de Langkeit. 	12124	7767-83-7	Agente reductor



NOMBRE	REQUISITOS DE USO	NORMA UNE-EN	Nº de registro CAS	FUNCIONES PRINCIPALES
Tierra de diatomáceas en polvo.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: según disponga la autoridad sanitaria competente. Control analítico adicional: según disponga la autoridad sanitaria competente. 	12913	61790-53-2 68855-54-9 (90053-39-3)	Filtración
Tiosulfato de sodio.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento, proceso de tratamiento independiente e instalación interior. Condición: Tras el tratamiento, el agua no debería ser ni agresiva ni incrustante, según la nota 5 de la parte C del anexo I del RD 140/2003. Control analítico adicional: el sulfato y el sodio con niveles < VP e índice de Langellier. 	12125	7772-98-7 10102-17-7	Agente reductor
Tripolisulfato de potasio.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: Tras el tratamiento, el agua no debería ser ni agresiva ni incrustante, según la nota 6 de la parte C del anexo I del RD 140/2003. Control analítico adicional: Sulfato y fluoruro con niveles < VP índice de Langellier. 	1211	13845-36-8	Inhibidor de la corrosión.
Tripolisulfato de sodio.	<ul style="list-style-type: none"> Lugar de aplicación: Planta de tratamiento. Condición: Tras el tratamiento, el agua no debería ser ni agresiva ni incrustante, según la nota 5 de la parte C del anexo I del RD 140/2003. Control analítico adicional: el sodio con niveles < VP. 	1210	7758-29-4	Inhibidor de la corrosión

PARTE B

Desinfectantes utilizados en situaciones de emergencia

- Siempre se utilizarán como primera opción los biocidas que se describen en la parte A de este anexo.
- Cuando no se disponga de los biocidas anteriores, se podrán utilizar los siguientes compuestos, con previa autorización de uso, por la autoridad sanitaria competente:

Nombre	Norma UNE-EN	Nº CAS
Ácido tricloroisocianúrico (sincloseno)	12933	87-90-1
Dicloroisocianurato de sodio, anhídrido	12931	2893-78-9
Dicloroisocianurato de sodio, dihidratado	12932	51580-86-0

REQUISITOS DE USO

- Lugar de aplicación: Depósitos o superficies en contacto con el agua de consumo.
- Condiciones de uso:
 - Utilización temporal, nunca mas de 50 días por año, mientras que no sea posible la utilización de desinfectantes de la parte A.
 - Si se utiliza para limpieza de superficies, siempre se deberá realizar un aclarado posterior con agua apta para el consumo.
 - Como desinfectante de superficies en contacto con el agua de consumo humano o como desinfectante del agua de consumo humano: según disponga la autoridad sanitaria competente.

- En situaciones especiales, las Fuerzas Armadas podrán utilizar otros desinfectantes para el tratamiento de pequeños volúmenes de agua para consumo humano personal.