

Infraestructuras de las zonas de abastecimiento

Infraestructuras de las zonas de abastecimiento



**Junta de
Castilla y León**

Consejería de Sanidad

AÑO 2009

© **Junta de Castilla y León**
Consejería de Sanidad

Maquetación e impresión: Gráficas Lafalpoo S.A.

Depósito Legal: VA-1134/09

Índice

Introducción	11
Captación	15
1. Recursos hídricos	17
1.1. Aguas subterráneas.....	19
1.2. Aguas superficiales.....	22
2. Tipo de captación.....	24
2.1. Aguas superficiales.....	25
2.2. Aguas pluviales	28
2.3. Aguas subterráneas.....	30
3. Tipo de toma.....	32
4. Transporte hasta la planta de tratamiento.....	36
Tratamiento	37
1. Procesos unitarios de tratamiento.....	40
1.1. Desalación.....	40
1.2. Desbaste.....	40
1.3. Preoxidación.....	41
1.4. Aireación	42
1.5. Coagulación.....	43
1.6. Floculación.....	43
1.7. Decantación.....	44
1.8. Flotación.....	46
1.9. Filtración sobre arena.....	47
1.10. Filtración sobre diatomeas.....	49
1.11. Filtración mediante membranas.....	49
1.12. Electrodialisis	49



1.13. Corrección del pH.....	50
1.14. Carbón activo.....	50
1.15. Fluoración.....	51
1.16. Mineralización.....	52
1.17. Resinas intercambiadoras.....	53
1.18. Desalinización por presión de vapor.....	54
1.19. Desinfección.....	54
2. Clasificación toxicológica.....	61
2.1. Etiquetado.....	61
2.2. Ficha de datos de seguridad.....	62
Sistema de almacén. Depósitos.....	67
1. Tipos.....	70
2. Elementos.....	72
3. Materiales.....	74
4. Mantenimiento.....	76
Distribución.....	77
1. Tipos de redes.....	80
1.1. Redes ramificadas.....	80
1.2. Redes malladas.....	81
1.3. Redes mixtas.....	82
2. Elementos que constituyen la red.....	82
2.1. Conducciones de distribución.....	82
2.2. Tomas de caudal.....	84
2.3. Elementos de maniobra y control.....	85
2.4. Elementos de medida.....	87
3. Uniones y juntas.....	87
4. Mantenimiento.....	88
5. Cisternas/depósitos móviles.....	89
6. Mantenimiento del sistema de distribución.....	90
7. Puntos críticos del sistema de distribución.....	96
Glosario.....	99
Bibliografía.....	103

Presentación

Las enfermedades de transmisión hídrica se deben fundamentalmente a la contaminación por microorganismos (bacterias, virus, protozoos u otros organismos), no obstante, existe un número considerable de problemas sanitarios, relacionados con el agua, que pueden producirse como consecuencia de su contaminación química.

El agua de consumo no debe contener ningún tipo de microorganismo o sustancia química, en una cantidad o concentración que pueda suponer un riesgo para la salud humana. Es habitual que para lograr este objetivo de salubridad no sea suficiente con la desinfección del agua, sino que se requieran una serie de procesos adicionales, más o menos complejos, que actúen como coadyuvantes de ésta y eliminen otros contaminantes orgánicos o inorgánicos. De esta manera, las medidas destinadas a mejorar la calidad del agua proporcionan beneficios significativos para la salud de la población.

Este manual se elabora dentro del ámbito de aplicación del III Plan de Salud de Castilla y León y expone de una manera sencilla y didáctica todos los procesos que conlleva el tratamiento del agua desde su captación hasta su disposición para el consumo humano, con el propósito de que los profesionales que se encuentran trabajando en este campo tengan una clara comprensión de los procesos.

Desde la Consejería de Sanidad se ha priorizado el desarrollo de estrategias de gestión de riesgos que garanticen la inocuidad de los abastecimientos de agua. Esperamos que este manual sirva de apoyo para conseguir el objetivo general de mantener la calidad del agua de consumo humano en el nivel más alto posible y lograr así una mayor garantía en la protección de la salud de los castellanos y leoneses.

Francisco Javier Álvarez Guisasola
Consejero de Sanidad



Introducción



Introducción

El agua es esencial para la vida y todas las personas deben disponer de un suministro satisfactorio (suficiente, inocuo y accesible). El control de la calidad del agua potable proporciona beneficios tangibles para la salud. Debe realizarse el máximo esfuerzo para lograr la inocuidad del agua de consumo humano.

La garantía de la inocuidad microbiana del abastecimiento de agua de consumo se basa en la aplicación, desde la captación al grifo del consumidor, de múltiples barreras para evitar la contaminación del agua de consumo o para reducirla a niveles que no sean perjudiciales para la salud. La seguridad del agua se mejora mediante la implantación de dichas barreras como son la protección de los recursos hídricos, la selección y aplicación correctas de una serie de operaciones de tratamiento y la gestión de los sistemas de distribución (por tuberías o de otro tipo) para mantener y proteger la calidad del agua tratada. La estrategia preferida es un sistema de gestión que hace hincapié en la prevención o reducción de la entrada de contaminantes a los recursos hídricos y que reduce la dependencia en las operaciones de tratamiento para la eliminación de contaminantes.

Los riesgos para la salud asociados a los componentes químicos del agua de consumo son distintos de los asociados a la contaminación microbiana y se deben principalmente a la capacidad de los componentes químicos de producir efectos adversos sobre la salud tras periodos de exposición prolongados (toxicidad crónica).

La zona de abastecimiento se compone de diversas infraestructuras:

- **Captación.** Toma: captación del agua a partir de una fuente.
- **Conducción:** Transporte hasta la planta de tratamiento
- **Tratamiento:** Procesos de potabilización del agua.
- **Distribución:** Transporte del agua potable hasta la acometida del usuario mediante redes de distribución o cisternas.

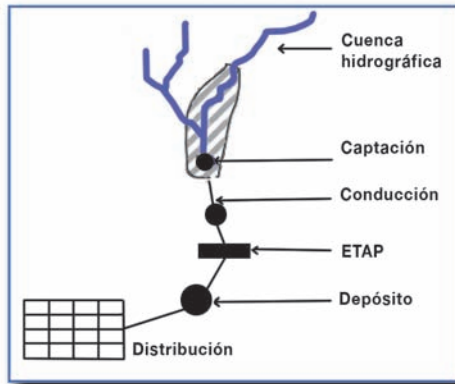


Figura 1 - Sistema de abastecimiento de agua de consumo humano.



Captación



Captación

1 RECURSOS HÍDRICOS

En el ciclo hidrológico, el agua circula de forma continua y se encuentra de forma natural en varias formas y lugares: en la atmósfera en forma de vapor, en la superficie terrestre formando ríos, lagos, y océanos, y bajo la superficie como agua subterránea.

Las precipitaciones proporcionan el aporte a la superficie y la evaporación, la transpiración y la sublimación devuelven buena parte de éste agua a la atmósfera mientras que otra gran parte del agua restante queda almacenada en el suelo y los acuíferos, en los glaciares y en las placas de hielo. Lo que resta fluye al mar en un periodo de tiempo mucho más corto, con lagos y embalses reteniendo parte del caudal. Los ríos transportan la mayor parte de este flujo desde la tierra, al tiempo que una parte de las aguas subterráneas llega directamente al mar.



Figura 2 - Ciclo hidrológico del agua. Fuente: USGS.

Del volumen total de agua en la tierra, alrededor del 97% es salada, y sólo el 3% es agua dulce; sin embargo, este último es el que habitualmente se potabiliza para el abastecimiento de agua destinada al consumo humano, ya que su tratamiento es más sencillo y menos costoso.

La utilización de técnicas de desalación, constituye en determinadas circunstancias una solución a la escasez sistemática de recursos hídricos en algunas zonas.

Los recursos hídricos susceptibles de desalación son el agua de mar y el agua salobre.

El **agua de mar** se caracteriza por tener una elevada concentración de sales diluidas, que hay que eliminar para su potabilización.

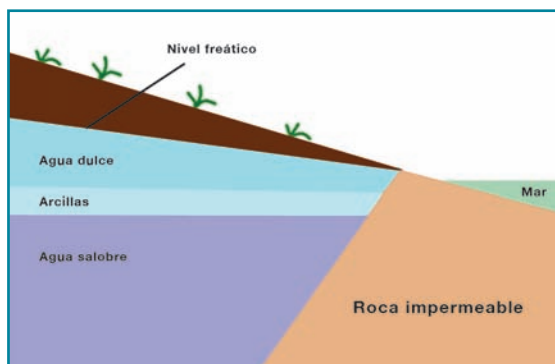
El **agua salobre** es aquel que tiene más concentración de sal disuelta que el agua dulce, pero menos que el agua de mar.

Las aguas salobres, pueden ser:

Aguas superficiales procedentes de humedales o salinas, como los estuarios, donde se mezcla el agua del río con el agua del mar.

Aguas subterráneas procedentes de acuíferos asociados con rocas salinas o procedentes de acuíferos costeros en contacto directo con el mar o aislados del mismo.

Figura 3 - Captación de un acuífero salobre costero no conectado con el mar.



El **agua dulce** es aquel que tiene un contenido mínimo de sales disueltas, de tal forma que el sabor que le trasmite es débil o nulo.

La captación del agua puede tener diferentes orígenes:

- Aguas de precipitación: lluvia o nieve.
- Aguas superficiales: ríos, lagos, embalses y mar.
- Aguas subterráneas: pozos y manantiales.

La fuente esencial del agua potable es la lluvia, utilizada en pocas ocasiones como fuente directa, como en islas rodeadas de agua salada, donde el agua de lluvia se recoge en cisternas como fuente de aprovisionamiento.



Figura 4 - Esquema de los principales flujos de agua ($\text{km}^3/\text{año}$) en régimen natural en España. Fuente: Libro blanco del agua en España.

1.1 AGUAS SUBTERRÁNEAS

Son todas las aguas que se encuentran bajo la superficie del suelo en la zona de saturación y en contacto directo con el suelo o el subsuelo.

Las aguas subterráneas están “a priori” más protegidas que las superficiales de la contaminación exterior, no obstante, una vez contaminadas su recuperación es más lenta debido a que la renovación de los acuíferos subterráneos lleva más tiempo.

Las aguas superficiales suelen ser más turbias y contener mayor cantidad de bacterias que las subterráneas, pero éstas tienen mayores concentraciones de productos químicos en disolución.

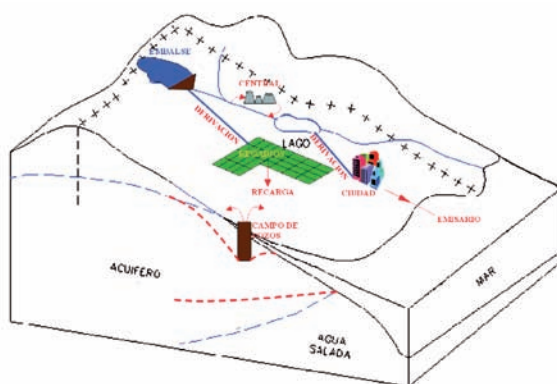


Figura 5 - Ejemplos de alteraciones antrópicas del ciclo hidrológico. Fuente: Libro blanco del agua en España.

• ACUÍFERO

Un acuífero es una o más capas subterráneas de roca o de otros estratos geológicos que tienen la suficiente porosidad y permeabilidad para permitir ya sea un flujo significativo de aguas subterráneas o la extracción de cantidades significativas de aguas subterráneas.

De forma general permiten el movimiento del agua a su través, debido a que los poros están conectados entre sí y a la existencia de un gradiente hidráulico capaz de permitir el desplazamiento del agua de zonas de mayor a menor potencial. El agua se acumulará cuando llegue a una capa de terreno (impermeable) apta para la retención del líquido. Dentro de estas formaciones podemos encontrarnos con materiales muy variados como gravas de río, calizas muy agrietadas, areniscas porosas poco cementadas, arenas de playa, algunas formaciones volcánicas, o depósitos de dunas.

- Acuíferos libres: son aquellos en los cuales existe una superficie libre del agua encerrada en ellos, que se encuentra a presión atmosférica, ya que no existe ningún material impermeable en la parte superior. La superficie del agua será el nivel freático y podrá estar en contacto directo con el aire o no. En estos

acuíferos, al perforar pozos que los atraviesen total o parcialmente, el agua no sube de nivel ya que la presión es igual que en la superficie. Por tanto el nivel freático (nivel real) coincide con el nivel piezométrico (nivel ideal que alcanzaría el agua a presión atmosférica).

- **Acuíferos confinados:** en este tipo de acuíferos, el agua que contienen está sometida a cierta presión, superior a la atmosférica, y ocupa la totalidad de los poros o huecos de la formación geológica, saturándola totalmente. Están rodeados por materiales impermeables que permiten mantener la sobrepresión, por este motivo al perforar pozos que atraviesen el límite superior del acuífero, el nivel del agua asciende rápido hasta que se iguala la presión en el interior con la atmosférica.

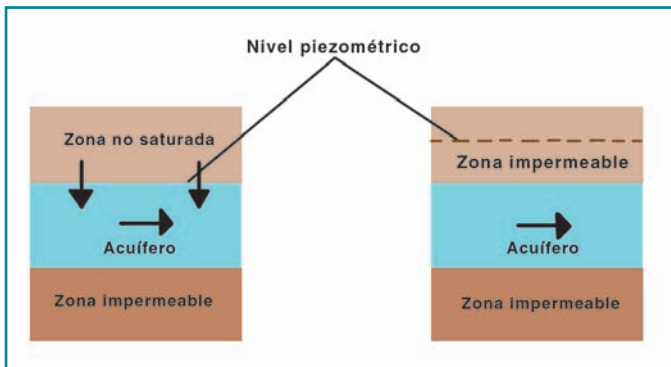


Figura 6 - Acuífero libre (izquierda) y acuífero confinado (derecha).

- **Acuíferos semiconfinados:** constituyen una variedad de los confinados y se caracterizan por tener la parte superior y/o la parte inferior sellada por materiales que no son totalmente impermeables permitiendo una filtración vertical que alimenta muy lentamente al acuífero principal.
- **Acuíferos colgados:** algunas veces se da una capa de material más o menos impermeable por encima del nivel freático. El agua que se infiltra queda atrapada en esta capa, que normalmente tiene una extensión limitada sobre la zona saturada más próxima. Los acuíferos colgados son más comunes de lo que se pueda suponer, aunque quizá sólo ocupan unos pocos centímetros de espesor o sólo se alimentan después de una recarga muy excepcional.

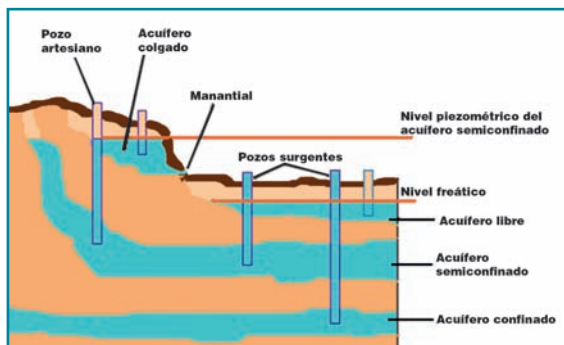


Figura 6 - Tipos de acuíferos

• MANANTIAL

Se puede definir manantial como un lugar donde se produce el afloramiento natural de agua subterránea. Por lo general el agua fluye a través de una formación de estratos con grava, arena o roca fisurada. Se originan en la filtración de agua de lluvia que penetra en un área y emerge en otra, de menor altitud, donde el agua no está confinada en un conducto impermeable. La surgencia puede aparecer en tierra firme o ir a dar a cursos de agua, lagunas o lagos.

Hay diferentes clasificaciones en función de:

- Su estacionalidad: permanentes o temporales.
- Su ubicación: de ladera o de fondo. En los manantiales de ladera el agua aflora en forma horizontal; mientras que en los de fondo el agua aflora en forma ascendente hacia la superficie.
- Su afloramiento: concentrado o difuso.

1.2 AGUAS SUPERFICIALES

La calidad de las aguas superficiales es muy variable dependiendo de diferentes factores, como la época del año, la localización de la captación, etc. El agua de los ríos, dependiendo de su ubicación, se encuentra frecuentemente expuesta a la contaminación procedente de las poblaciones cercanas.

En general, el agua de las zonas de montaña tiene condiciones físicas aceptables para su posterior potabilización, mientras que en zonas de menor altitud aguas abajo los ríos aumentan su turbidez, color y contaminación.

En líneas generales, las aguas de lagos y embalses suelen ser menos turbias que las de ríos caudalosos, por la posibilidad de sedimentación de partículas que se

presenta en aguas quietas, pero pueden manifestarse problemas de color, como consecuencia del desarrollo de plantas acuáticas. Por otra parte, la calidad del agua puede variar según el sector y profundidad a considerar, lo que es relevante para la selección de la ubicación de la toma. La ubicación del lago o embalse respecto a zonas urbanas o campos en explotación agrícola, influye en la magnitud de los riesgos de contaminación química y microbiológica, la proliferación de algas y plantas acuáticas, la acumulación de desechos flotantes en general y, consecuentemente, en la calidad del agua.

A continuación se exponen los diferentes tipos de recursos hídricos superficiales.

- **ACEQUIA.** Zanja o canal por donde son conducidas las aguas para el riego o para otros fines.
- **ARROYO.** Corriente de agua casi continua, de caudal y extensión poco considerables, que discurre por un cauce efímero. Sus aguas tienden a desaparecer por infiltración o evaporación, se estancan por la presencia de cubetas hundidas o, por el contrario, vierten sobre un cauce fluvial de mayor importancia, convirtiéndose en afluentes o tributarios de ríos.
- **BARRANCO.** Cauce profundamente erosionado por el agua de fuerte pendiente, que fluye sólo por escorrentía de tormentas y/o durante el deshielo.



Figura 8 – Barranco (izquierda), regato (centro) y acequia (derecha).

- **CAMPO DE POZOS.** Área en el que se ha perforado varios pozos productivos.

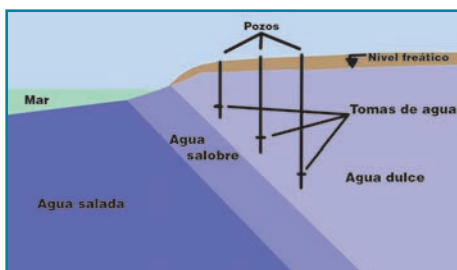
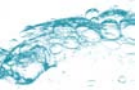


Figura 9 - Campo de pozos.



- **CANAL.** Cauce artificial abierto cuya sección transversal tiene una forma generalmente constante. Los canales se emplean para el transporte de agua, generalmente para el riego y abastecimiento a poblaciones.
- **EMBALSE.** Los embalses son grandes depósitos artificiales, por lo general cerrando un valle mediante un dique o presa en el que se almacenan las aguas de un río o arroyo. Los embalses se constituyen en grandes reservas de agua para su utilización como fuente de energía o para el regadío y suministro de agua potable.
- **GARGANTA.** Valle montañoso angosto en la que su sección transversal forma un ángulo agudo (con frecuencia recto).
- **REGATA.** Surco por donde se conduce el agua para su uso en el riego.
- **REGATO.** Arroyo de pequeñas dimensiones.
- **RIERA.** Lecho natural de las aguas pluviales cuyo cauce es esporádico.
- **RÍO.** Masa de agua continental que fluye en su mayor parte sobre la superficie del suelo, pero que puede fluir bajo tierra en parte de su curso. Los ríos principales desembocan en un lago o en el mar; en cambio, los afluentes son ríos que desembocan en otro río.
- **RIVERA.** Arroyo de pequeño caudal de agua.
- **TORRENTE.** Cauces estrechos de poco caudal y de pendiente acusada, que fluye generalmente con gran velocidad y turbulencia.

2 TIPO DE CAPTACIÓN

En un sistema de abastecimiento de agua potable es muy importante que la captación se realice desde una fuente adecuada que cumpla los siguientes requisitos:

- Tener capacidad suficiente para abastecer a la comunidad, (de lo contrario, será preciso buscar otra fuente o utilizar varias).
- Aportar agua de calidad adecuada al objeto de reducir al mínimo los tratamientos necesarios para hacerla potable.

La actual legislación, R.D. 140/03, establece que se obtendrá el agua del origen más adecuado, considerando la cantidad y calidad de los recursos hídricos disponibles, así como la garantía de utilización de los mismos. En todo caso debe de quedar asegurada la adecuada protección sanitaria de los acuíferos, cauces y zonas de captación.

Siempre ha de captarse el agua de mejor calidad posible dentro de las disponibles al objeto de reducir al mínimo los tratamientos necesarios, no admitiéndose aquellas aguas que contengan sustancias no deseables.

Existen diferentes formas de captar el agua en función del origen de la fuente. El agua subterránea, puede fluir de forma natural a través de un manantial o bien puede ser necesario realizar perforaciones para acceder a ella, donde frecuentemente se extrae mediante bombeo. Las aguas superficiales podrán captarse directamente de la corriente de un río o bien de algún punto de acumulación, como lagos o embalses. Por último el agua marina procederá directamente del mar o bien de rías o de pozos que por su proximidad a la costa se recarguen con agua marina.

2.1 AGUAS SUPERFICIALES

Las aguas superficiales discurren naturalmente en la superficie terrestre. La calidad de estas aguas puede verse afectada especialmente si existen zonas habitadas o de pastoreo animal aguas arriba, por lo que para su utilización, es necesario contar con la información detallada y completa de su estado sanitario, caudales disponibles y calidad de agua.

Las estructuras de toma de aguas superficiales constan de una rejilla y un conducto que lleva el agua hacia un pozo colector, desde donde se transporta hasta la planta de tratamiento, normalmente mediante bombeo.

Tipos de aguas superficiales:

- Embalse
- Río

Según la Orden del 30 de noviembre de 1994, es necesario realizar un análisis de agua para verificar que tiene la calidad mínima y clasificarla según el grado de tratamiento que deben recibir para su potabilización.

Las aguas superficiales susceptibles de ser destinadas al consumo humano, según su calidad original, se clasifican en tres grupos: A1, A2 y A3:



Parámetro	Unidad	Tipo A1	Tipo A2	Tipo A3
pH	-	(6,5 - 8,5)	(5,5 - 9)	(5,5 - 9)
Color	Escala Pt	20	100	200
Sólidos en Suspensión	mg/l	(25)	-	-
Temperatura	°C	25	25	25
Conductividad a 20°C	μS/cm	(1000)	(1000)	(1000)
Nitratos	mg/l NO ₃ ⁻	50	50	50
Fluoruros	mg/l F	1,5	(0,7/1,7)	(0,7/1,7)
Hierro disuelto	mg/l Fe	0,3	2	(1)
Cobre	mg/l Cu	0,05 (0)	(0,05)	(1)
Boro	mg/l B	(1)	(1)	(1)
Arsénico	mg/l As	0,05	0,05	0,05
Cadmio	mg/l Cd	0,005	0,005	0,005
Cromo total	mg/l Cr	0,05	0,05	0,05
Plomo	mg/l Pb	0,05	0,05	0,05
Selenio	mg/l Se	0,01	0,01	0,01
Mercurio	mg/l Hg	0,001	0,001	0,001
Bario	mg/l Ba	0,1	0,1	0,1
Cianuros	mg/l CN	0,05	0,05	0,05
Sulfatos	mg/l SO ₄ ⁻²	250	250 (0)	250 (0)
Cloruros	mg/l Cl	(200)	(200)	(200)
Detergentes	mg/ (auril-sulfato)	(0,2)	(0,2)	(0,5)
Fosfatos (2)	mg/l P ₂ O ₄	(0,4)	(0,7)	(0,7)
Fenoles	mg/ l C ₆ H ₅ OH	0,001	0,005	0,1
Hidrocarburos disueltos o emulsionados	mg/l	0,05	0,2	1
Carburos aromáticos policíclicos	mg/l	0,0002	0,0002	0,001
Plaguicidas totales	mg/l	0,001	0,0025	0,005
DQO	mg/l	-	-	30

Parámetro	Unidad	Tipo A1	Tipo A2	Tipo A3
Oxígeno disuelto	% saturación	(70)	(50)	(30)
DBO ₅	mg/l	(3)	(5)	(7)
Nitrógeno Kjeldahl	mg/l N	(1)	(2)	(3)
Amoniaco	mg/l NH ₄ ⁺	0,05	1,5	4(0)
Sustancias extraíbles con cloroformo	mg/l SEC	(0,01)	(0,2)	(0,5)
Coliformes totales 37°C	100 ml	(50)	(5000)	(50000)
Coliformes fecales	100 ml	(20)	(2000)	(20000)
Estreptococos fecales	100 ml	(20)	(1000)	(10000)
Salmonellas	-	Ausente en 5000 ml	Ausente en 1000 ml	-
Nota: Las cifras entre paréntesis se tomarán como valores indicativos deseables con carácter provisional.				

Tabla 1 - Clasificación de las aguas superficiales susceptibles de ser destinadas al consumo.

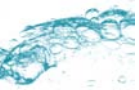
Los niveles de calidad de las aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable que fijen los planes hidrológicos no podrán ser menos estrictos que los que figuran en la tabla salvo que se prevea un tratamiento especial que las haga potables.

•RÍO

En los ríos no existe un modelo de toma ideal, pueden realizarse tomas laterales, de fondo, etc. La captación debe realizarse aguas arriba de la población a abastecer para evitar las contaminaciones por vertidos que puede provocar la propia población y tomando el agua de la zona central del canal y próxima a la superficie.

Si el caudal es pobre, habrá que aprovechar algún azud o pequeña presa, que garantice siempre un volumen de agua suficiente para nuestro abastecimiento, se podrá aumentar ligeramente la lámina de agua en la toma de forma artificial, colocando unos gaviones aguas abajo de la toma, con lo que podremos paliar la falta de caudal.

En las tomas de río, suelen aumentar los arrastres de impurezas (flotantes, arenas, maleza, etc.), para evitar que entren en las conducciones, se suelen colocar rejillas de desbaste tanto para gruesos, como para finos, llegando a ser necesario a veces la instalación de tamices.



• EMBALSE

En los embalses o lagos la toma se realizará en zonas alejadas de las orillas y a una profundidad adecuada para que el agua se capte de una zona aireada y favorecer así la autodepuración. La cota del punto de toma del agua suele variarse en función de los análisis que se realizan a distintas profundidades del embalse, y que determinan la calidad del agua en diversos estratos. Deberá elegirse en cada momento la cota en la cual los contaminantes sean mínimos, lo que repercutirá en un tratamiento más liviano en la planta.

Lagos y embalses son masas de agua con poca movilidad y por tanto con menos posibilidades de autodepuración, por lo que aquellos que estén destinados a abastecimiento deben quedar protegidos, no siendo aconsejable realizar actividades que puedan contribuir a su contaminación, tales como la navegación o, por supuesto, el vertido de aguas residuales.

2.2 AGUAS PLUVIALES

El agua de lluvia se emplea en aquellos casos en que no es posible obtener agua superficial de buena calidad y cuando el régimen de lluvia sea importante. Para ello se utilizan los techos de las casas o algunas superficies impermeables para captar el agua y conducirla a sistemas cuya capacidad depende del gasto requerido y del régimen pluviométrico.

Una captación de agua pluvial consta de las siguientes partes:

- Una superficie de recogida de agua, que debe estar limpia y ser lo suficientemente impermeable como para no permitir que cierta parte importante del agua precipitada se pierda por infiltración en el terreno. Puede ser un tejado, (que no sea de paja, cartón o metal), un patio empedrado o de hormigón, una ladera no cultivada o en general, cualquier superficie preparada con tal fin.
- Un depósito en el que se almacene el agua, que se suele construir subterráneo para minimizar las pérdidas por evaporación y preservar la temperatura del agua.
- Un tratamiento del agua recogida que generalmente se reduce a una simple filtración sobre lecho de arena y se realiza en el interior del propio depósito. En ocasiones, se añade un depósito de decantación.

Tipos de captación:

- Aljibes de lluvia
- Cisternas

•ALJIBE

Los aljibes, son depósitos para almacenar aguas pluviales utilizadas en lugares donde existe la necesidad de recoger y almacenar el agua de lluvia, por estar alejados de los ríos, porque no hay posibilidad de fuentes y pozos, o donde el agua subterránea es de muy mala calidad.

Para facilitar la captación y conducción, están situados en pasos naturales del agua como laderas o microcuencas, el agua de la rambla en la que se ubica se desvía hasta el depósito subterráneo para almacenarla. Frecuentemente también almacenan el agua de la lluvia recogida de los tejados de las casas, conducida mediante canalizaciones hasta el aljibe.

Suelen ser subterráneas, total o parcialmente, y sus muros son enlucidos por argamasa para impedir filtraciones y la putrefacción del agua que contiene.

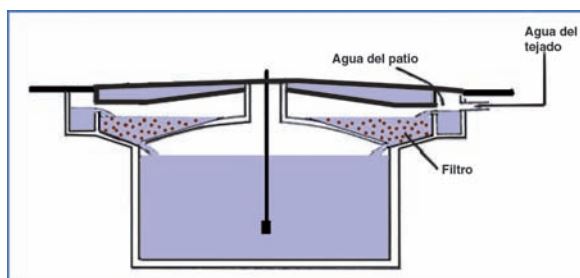


Figura 10 - Aljibe.



Figura 11 - Diferentes tipos de aljibes.

•CISTERNA

La cisterna es un depósito artificial cubierto, destinado a recolectar y almacenar agua.

Un abastecimiento de agua de la cisterna tiene cuatro partes básicas: el área de la captación, el tanque donde se almacena el agua, el filtro que separa del agua parte de la materia orgánica de gran tamaño, como hojas o insectos, y la bomba.



2.3 AGUAS SUBTERRÁNEAS

Parte de las precipitaciones se infiltra en el suelo hasta la zona de saturación, formando así las aguas subterráneas. La explotación de éstas dependerá de las características hidrológicas y de la formación geológica del acuífero.

La toma de agua subterránea se realiza a partir de una tubería de aspiración, se bombea y mediante conducciones se trasporta hasta el sistema de tratamiento.

Toda captación ha de contar con unas condiciones estructurales mínimas que impidan la contaminación del agua extraída:

- Se ha de garantizar un **perímetro de protección**, con un vallado que impida cualquier tipo de contaminación por ganado, vertido de residuos sólidos, etc.
- Hay que evitar los **vertidos de aguas residuales o vertidos industriales** que por permeabilidad pudieran contaminar el acuífero donde se hace la captación.

Evidentemente, este tipo de aguas requieren una explotación adecuada puesto que el agua del subsuelo tiene un ritmo de renovación muy lento, y una mala gestión, puede llevar al agotamiento del acuífero.

La captación se puede realizar a través de:

- Manantial
- Pozo entubado
- Pozo excavado
- Galería de filtración

• **MANANTIAL**

La captación desde un manantial constará de una parte de protección del afloramiento y una cámara húmeda para regular el volumen de agua extraída, y una cámara seca donde se ubican los equipos que deben estar protegidos, como controles y válvulas. El compartimiento de protección de la fuente cubre toda la extensión del área adyacente al afloramiento de modo que no exista contacto con el ambiente exterior, quedando así sellado para evitar la contaminación. Junto a la pared de la cámara existe una cantidad de material granular clasificado, que tiene por finalidad evitar el socavamiento del área adyacente a la cámara y filtrar materiales en suspensión. La cámara húmeda tiene un conducto de salida para conducir el agua requerida y un cono de rebose para eliminar el exceso de producción de la fuente.

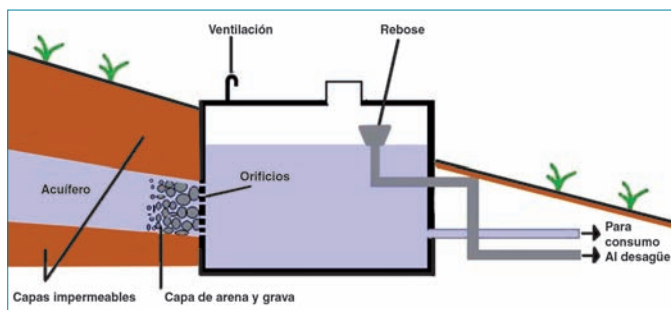


Figura 12 - Captación desde un manantial.

• GALERÍA DE FILTRACIÓN

Son excavaciones lineales de escasa profundidad, leve inclinación, sección apreciable y con un nivel de agua libre que discurre por su fondo. Se suelen realizar sobre materiales permeables poco consolidados, donde el nivel de agua está próximo a la superficie. Dentro de estas zanjas, se instala una tubería filtrante con ranuras apropiadas y/o bien se procede al relleno con grava o piedras que permitan el libre paso del agua dentro de la zanja drenante. Finalmente la excavación es rellenada con material del propio acuífero.

El agua es evacuada por gravedad si la pendiente lo permite, o por bombeo en la propia zanja o en un pozo colector.

La función de una galería es doble ya que, además de actuar como elemento de captación de agua, sirve también como medio de transporte de ésta.

La mayoría de los manantiales utilizados disponen de galerías mediante las que se ha tratado de optimizar la captación, reuniendo surgencias dispersas en un solo punto y facilitando el drenaje de la formación permeable.

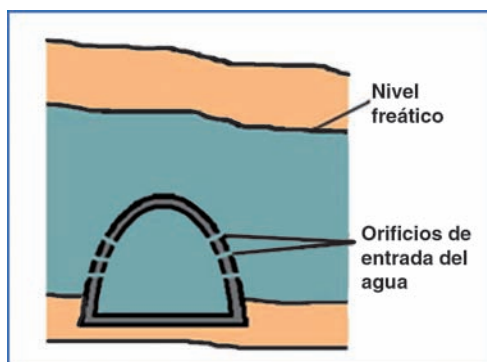
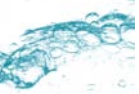


Figura 13 - Galería de filtración

Si bien su construcción es relativamente complicada y/o costosa, la producción de agua en general es barata, puesto que la mayoría lo obtiene por gravedad, es decir, sin consumo de energía.



Pozos excavados

Son pozos grandes realizados normalmente en terrenos poco consolidados y a veces en la roca madre, realizados manualmente, mediante barrenas o con retroexcavadoras.

Debe ser lo suficientemente profundo para llegar por debajo de la capa freática. El pozo es protegido de derrumbes mediante revestimientos, que pueden ser de piedra, ladrillo, bloques de cemento u otro material.

Pozos entubados

Los pozos entubados llevan una tubería que reviste su cara interior, tienen un diámetro mucho más pequeño que los excavados y se realiza mediante una plataforma de perforación. La entubación se realiza para sostener los horizontes ya perforados y evitar su desprendimiento. Primero se coloca una entubación provisional, y se perfora por el interior con un taladro de menor diámetro. Posteriormente se coloca la entubación definitiva para revestir definitivamente el pozo, que constituye la conducción hidráulica y pone los acuíferos en comunicación con la perforación.

3 TIPO DE TOMA

Puesto que hay una gran variedad de recursos hídricos, y éstos presentan grandes variaciones de calidad, de estabilidad del fondo, del nivel de agua y la flora acuática entre otros, existen diferentes métodos para realizar la toma de agua.

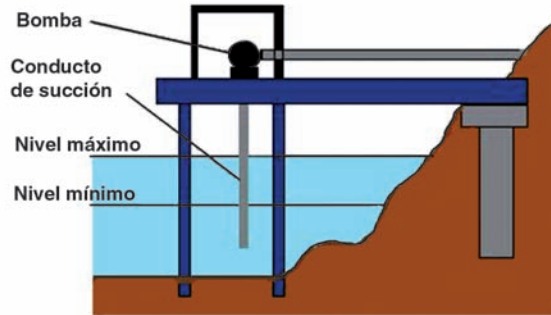
• EN SUPERFICIE

Las captaciones cercanas a la superficie del agua pueden ser la mejor solución en casos donde el nivel del agua sea muy variable, utilizando por ejemplo un sistema de captación flotante, o cuando las aguas más profundas estén contaminadas por los productos de la descomposición anaerobia de las materias orgánicas sedimentadas.

• A MEDIA PROFUNDIDAD

Cuando hay variaciones sustanciales del nivel de agua o cuando existe abundante sedimentación en el fondo se puede realizar la toma elevada a media altura sobre el fondo. Para ello se requiere que los niveles mínimos de estiaje sean suficientes.

Figura 14 - Captación de agua a media profundidad mediante muelle de toma.



•EN PROFUNDIDAD

La aplicación de este tipo de solución requiere un lecho estable y una zona sin riesgo de obstrucción por arenas o limos.

En este tipo de tomas, se suelen utilizar cámaras de captación o tubos perforados ubicados en el fondo del cauce, protegidos con rejillas u otro dispositivo para retener aquellos materiales que pueda arrastrar el agua.

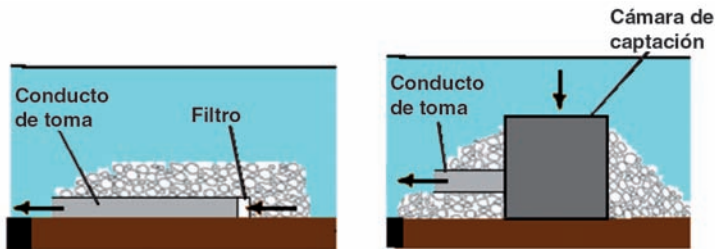


Figura 15 - Toma sumergida directa en el fondo de un río o embalse

•EN CAUCE

La captación de agua se puede realizar en el mismo cauce, mediante diferentes sistemas: captación flotante, toma directa, etc.

•EN ORILLA

Estas captaciones son aconsejables en caso de que el nivel de las aguas sea suficientemente estable. El sistema consiste en una cámara de bombeo, situada sobre una de las orillas del curso de agua, con una abertura o conducto por donde entra el agua desde la corriente, que deben estar protegidas mediante filtros o tamicos adecuados. La cámara de succión es preferible ubicarla en tramos rectos y en la orilla de mayor profundidad.

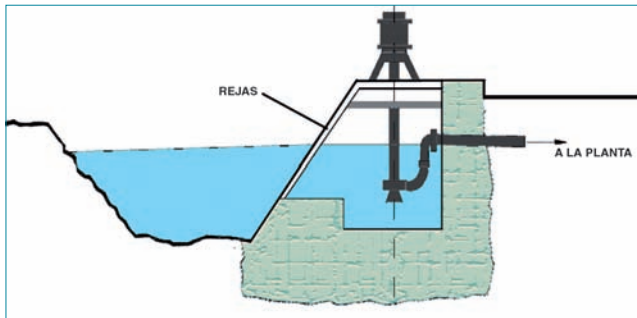


Figura 16 - Toma en la orilla mediante cámaras de bombeo.

•POR GRAVEDAD

De acuerdo a la ubicación y naturaleza de la fuente de abastecimiento, así como a la topografía del terreno, se consideran dos tipos de sistemas: Los de gravedad y los de bombeo.

En los sistemas de agua potable por gravedad, la fuente debe estar ubicada en la parte alta de la población para que el agua fluya a través de tuberías, usando sólo la fuerza de la gravedad.

•CON BOMBAS DE EXTRACCIÓN

En los sistemas de agua potable por bombeo, las fuentes de agua se encuentran en la parte baja de la población, por lo que necesariamente se requiere de un equipo de bombeo para elevar el agua hasta un reservorio y dar presión en la red.

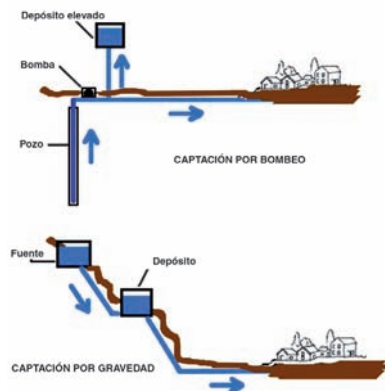


Figura 17 - Esquema de captación por bombeo y por gravedad.

•TORRE DE TOMA

En este tipo de captaciones, una torre cimentada se sitúa sobre el fondo del río con entradas a diversas profundidades. Tienen la gran ventaja de poder seleccionar la profundidad óptima para obtener buena calidad del agua en cada momento, pero exigen un buen fondo para la cimentación y grandes profundidades de agua.



Figura 18 - Torre de toma.

• CAPTACIÓN FLOTANTE O MÓVIL CON ELEVACIÓN MECÁNICA

Si la fuente de agua superficial tiene variaciones considerables de nivel pero conserva en aguas mínimas un caudal importante, la captación puede realizarse sobre una estructura flotante anclada al fondo u orillas del río de manera tal que se eviten los desplazamientos laterales.

• CAPTACIONES EN CANAL DERIVADO

Este sistema consiste en derivar un canal del río, situando sobre él, a una distancia adecuada, la toma de agua. De esta forma los problemas que origina el propio río no afectan a la captación: niveles máximos y mínimos, navegación, inestabilidad del lecho y de las riberas, etc. Se suele utilizar cuando no es posible encontrar sobre la orilla un lugar a salvo de las avenidas, ya que de esta forma es posible situar las instalaciones en puntos más alejados.

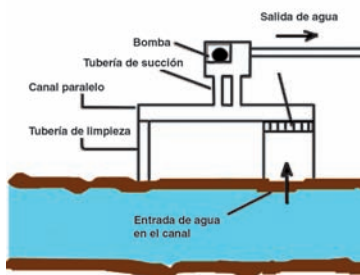
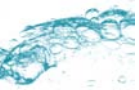


Figura 19 - Vista en planta de la toma sobre un canal paralelo a un curso de agua.

• MUELLES DE TOMA

Este tipo de captación se recomienda en ríos con variaciones sustanciales del nivel del agua, pudiéndose aprovechar obras ya existentes como: muelles, puentes, etc. que sirvan como elemento de soporte a la tubería y que se encuentren en una zona no afectada por erosiones o depósitos de material aluvial.



4 TRANSPORTE HASTA LA PLANTA DE TRATAMIENTO

El agua captada en las fuentes de abastecimiento se transporta mediante conducciones o cisternas hasta la planta de tratamiento o depósito de cabecera donde se realiza la desinfección.

Punto de entrega en relación con la captación, es el lugar hasta donde se transporta el agua desde la captación, donde el gestor de la captación entrega el agua al siguiente gestor responsable de efectuar su tratamiento.

•Conducciones

Existe una amplia gama de diámetros y longitudes, y para cada tipo de conducción se dispone de una serie de accesorios que posibilitan cambios de dirección, vaciados, conexiones, purgas, etc. La presión de trabajo de las conducciones de captación está ligada a las presiones de servicio de las conducciones de los sistemas de distribución, y el tipo de conducción utilizado en cada lugar dependerá principalmente de la orografía la ubicación de la fuente y la necesidad o no de bombeo.

Tipos de conducción

- Abierta

El agua se transporta en conducciones abiertas en su parte superior (un canal, por ejemplo). El movimiento del agua se produce por acción de la gravedad, debido a que el inicio de la conducción se encuentra a mayor altura que su parte final.



Figura 20 - Conducción abierta.

- Cerrada por gravedad

En este sistema el transporte se realiza también por gravedad, aunque a través de un conducto cerrado. El agua no llena por completo la sección de la conducción, de modo que la superficie del agua se encuentra en contacto con la atmósfera.

- Cerrada a presión

El agua es transportada a través de conducciones cerradas y circula en todo momento a presión mediante bombeo. El fluido en ningún momento está en contacto con la atmósfera debido a que ocupa toda la sección del conducto.

•Cisterna

Para el transporte del agua captada también se puede utilizar camiones cisterna, que llevan el agua hasta el depósito de almacenamiento de la población. Este sistema se utiliza principalmente en ocasiones de emergencia para abastecer zonas que por algún problema se han quedado sin agua potable.



Tratamiento



Tratamiento

El tratamiento necesario para la potabilización, depende directamente de la calidad del agua bruta, que está determinada por su composición físico-química y biológica.

El R.D. 1.541/1994 que amplía la Orden de 11 de mayo de 1.988 del MOPU, indica las determinaciones a seguir para las aguas prepotables o potabilizables, aunque sólo existe normativa de calidad para las aguas superficiales estableciendo las características básicas de calidad que deben mantenerse en las corrientes superficiales destinadas a la producción de agua potable.

Las aguas superficiales susceptibles de ser destinadas al consumo humano quedan clasificadas en los tres grupos siguientes, según el grado de tratamiento que deben recibir para su potabilización.

Tipo A1. Tratamiento físico simple y desinfección.

Tipo A2. Tratamiento físico normal, tratamiento químico y desinfección.

Tipo A3. Tratamiento físico y químico intensivos, afino y desinfección.

Un agua destinada al consumo humano, debe cumplir ante todo con una calidad sanitaria que la califique como apta para consumo, tanto inmediatamente después de su proceso de tratamiento, como en la red de distribución.

1. PROCESOS UNITARIOS DE TRATAMIENTO

1.1 DESALACIÓN

Los océanos representan las tres cuartas partes de la superficie terrestre y de ellas el 97,5% tiene una salinidad de más de un 3% en peso, haciendo que no sirva para usos agrícolas, industriales o humanos.

La utilización de técnicas de desalación, tanto de recursos salobres como de agua de mar, constituye en determinadas circunstancias una solución a la escasez sistemática de recursos hídricos en algunas zonas.

La desalación es un proceso de separación del agua de las sales, con objetivo de obtener agua apta para el uso humano.



Figura 21 - Esquema de desalación.

Tipos de desalación:

- Procesos de destilación: Destilación térmica o por compresión de vapor.
- Congelación: el agua salina se ve sometida a diversos sistemas de refrigeración para posteriormente evaporarse a baja presión en un cristizador al vacío. Así se obtienen cristales de hielo mezclados con cristales de salmuera que pueden ser separados mediante procesos mecánicos.
- Procesos de membrana: Ósmosis inversa y electrodiálisis.

1.2 DESBASTE

El desbaste tiene por objeto proteger la ETAP de la posible llegada de objetos lo suficientemente voluminosos para provocar obstrucciones en distintos equipos de la

instalación. Consiste en la interposición en un canal, de una estructura que permita el paso del agua y retenga los objetos cuyo tamaño sea superior a la luz de paso de la estructura. La operación puede ser más o menos eficaz, según la luz de paso. Puede distinguirse:

- Desbaste fino, con un paso entre 3 y 10 mm.
- Desbaste medio, con un paso entre 10 y 25 mm.
- Predesbaste, con un paso de 50 a 100 mm.



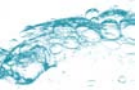
Figura 22 - Desbaste en la ETAP de Valladolid.

Las estructuras utilizadas pueden ser:

- Rejas de limpieza manual o automática (necesaria a partir de un cierto caudal).
- Tamices:
 - Rotativos: un tambor perforado permite el paso de agua y retiene los sólidos.
 - De escalera: los sólidos son retenidos por una serie de barrotes en escalera.

1.3 PREOXIDACIÓN

Casi siempre es recomendable un tratamiento de preoxidación, efectuado antes de la decantación, para conseguir una mejor calidad de agua, más filtrable y facilitar tratamientos posteriores. Este tratamiento actúa como oxidación de los materiales contenidos en el agua: hierro y manganeso, amoníaco, nitritos, materias orgánicas y microorganismos.



Puede realizarse con diferentes productos, siendo el más común el cloro.

- Cloro y sus derivados, como el dióxido de cloro.
- Con otros productos: permanganato potásico, ozono o agua oxigenada.

Los mecanismos de actuación y dispositivos necesarios del cloro se explican con más detalle en el apartado de desinfección.



Figura 23 - Dosificación de oxidantes. ETAP de Zamora.

1.4 AIREACIÓN

La aireación es el proceso de tratamiento mediante el cual se incrementa el área de contacto del agua con el aire para facilitar el intercambio de gases y sustancias volátiles.

Sus funciones son las siguientes:

- Remoción de gases disueltos: gas carbónico presente en el agua en forma natural, gas sulfhídrico y el cloro en exceso.
- Introducción del oxígeno del aire en el agua: para oxidar hierro y manganeso, amoníaco, nitritos, materias orgánicas y microorganismos.
- Remoción de sustancias causantes de sabores y olores.

Tipos de aireadores:

Aireadores de gravedad:

- *Aireadores de cascada.* El agua se deja correr sobre obstáculos para provocar turbulencia.

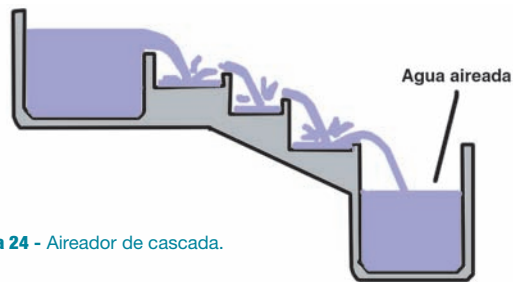


Figura 24 - Aireador de cascada.

- *Aireadores de bandeja*. Bandejas con hendiduras o perforaciones o con un fondo de malla de alambre sobre las cuales se distribuye el agua.

Aireadores de aire difuso. Son tanques rectangulares con tubos perforados o placas porosas cerca del fondo por donde el aire comprimido es inyectado en el sistema.

Aireadores de aspersión. Compuestos por boquillas colocadas en un tubo de distribución.

1.5 COAGULACIÓN

En el tratamiento de coagulación se añade un coagulante para aglomerar los sólidos y facilitar su posterior eliminación.

Hay dosificadores para productos sólidos (en seco) y para soluciones.

- Sistemas en seco: Gravimétricos o volumétricos.
- Sistemas en solución: Por bombeo. Bombas de pistón o de diafragma o por gravedad, que a su vez pueden ser de carga regulable o carga constante.

Para la mezcla rápida se pueden emplear diferentes tipos de mezcladores:

- Hidráulicos. Se utilizan cuando se dispone de suficiente energía en el flujo de entrada.
- Mecánicos. Pueden funcionar mediante paletas, hélices, turbinas u otros elementos.

1.6 FLOCULACIÓN

En la floculación los agregados formados en la coagulación se someten a una mezcla rápida y aumentan de tamaño para facilitar el proceso de sedimentación.



Figura 25 - Formación de flóculos. ETAP de Zamora.



Las unidades de floculación y mezcla rápida deben estar situados lo más cerca posible. Deben colocarse pantallas de protección para evitar cortocircuitos en el sistema.

Pueden emplearse floculadores hidráulicos y mecánicos.

- **Hidráulicos.** La energía del floculador para agitar la mezcla procede de la carga de velocidad que el flujo adquiere al descender por el conducto.

En función de la dirección del flujo hay diferentes tipos de floculadores: de flujo horizontal, de flujo vertical y de flujo helicoidal.

- **Mecánicos.** Necesita una fuente de energía externa para el funcionamiento del agitador.

Los floculadores pueden ser giratorios (de eje horizontal o vertical) o recíproco (mediante pistones). El que más se utiliza es el sistema giratorio de paletas.



Figura 26 - Dosificador de floculante. ETAP de Ávila (izquierda). Floculadores de la ETAP de León (derecha).

1.7 DECANTACIÓN

Mediante este proceso, los flóculos formados en la fase anterior sedimentan por gravedad.

La sedimentación se realiza en tanques de retención o decantadores. La distancia entre sedimentadores y floculadores debe ser la mínima posible para que el proceso sea eficiente.

Figura 27 - Decantador de la ETAP de Soria.



Los sedimentadores se pueden dividir en cuatro zonas:

- Zona de entrada. Estructura hidráulica de transición, que permite una distribución uniforme del flujo dentro del sedimentador.
- Zona de sedimentación. Consta de un canal con volumen, longitud y condiciones de flujo adecuados para que sedimenten las partículas. La dirección del flujo es horizontal y la velocidad es la misma en todos los puntos.
- Zona de salida. Constituida por un vertedero, canaletas o tubos con perforaciones que tienen la finalidad de recolectar el efluente sin perturbar la sedimentación de las partículas depositadas.
- Zona de recolección de lodos. Constituida por una tolva con capacidad para depositar los lodos sedimentados, y una tubería y válvula para su evacuación periódica.

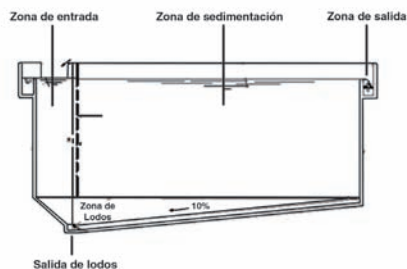


Figura 28 - Diferentes zonas de un sedimentador.

Existen diferentes tipos de sedimentadores:

- **Estáticos**. La decantación se produce por caída libre en régimen laminar, turbulento, o de transición. El líquido se mueve uniformemente y con velocidad constante.

- **Dinámicos** (con *manto de lodos*). Las partículas pequeñas al entrar son arrastradas por el flujo y al producirse los choques entre ellas su tamaño aumenta. Las partículas ascienden y descienden con movimiento rotacional en régimen turbulento. Puede ser de suspensión hidráulica o mecánica.
- **Laminares**. El depósito tiene unos módulos de tubos o placas colocadas de forma inclinada para que el agua descienda por las celdas con un flujo laminar. La presencia de estos módulos favorecen la separación de las partículas porque aumentan el área de sedimentación y disminuye la caída de la partícula y por su régimen laminar.



Figura 29 - Decantador de la ETAP de Palencia.

También se puede hacer la siguiente clasificación en función del tipo de flujo:

- De flujo horizontal. El agua lleva una trayectoria horizontal a través del sedimentador. Puede tener forma rectangular, circular o cuadrada.
- De flujo vertical. Puede ser circular con fondo cónico o piramidal.

1.8 FLOTACIÓN

La flotación con aire disuelto es una alternativa para la sedimentación. Ésta realiza una tarea similar por medio de un método diametralmente opuesto: en primer lugar se agrega al agua fuente un coagulante químico, después se agita lentamente en un proceso de floculación y el agua resultante se pasa a un depósito donde un continuo burbujeo de aire a presión impulsa a los flóculos de partículas hacia la superficie del agua donde se las puede extraer.

Los productos utilizados como coagulantes para aumentar la adherencia entre las partículas pueden ser sales de hierro, sales de aluminio o polímeros.

1.9 FILTRACIÓN SOBRE ARENA

Mediante la filtración sobre arena la materia residual sedimentada se separa del agua, haciéndolo pasar por un lecho de arena.



Figura 30 - Filtro de arena. ETAP de Zamora.

Los filtros que se utilizan generalmente en el tratamiento de aguas, son los filtros lentos y los filtros rápidos.

A continuación se describen los aspectos más importantes de cada tipo de filtro.

	FILTROS LENTOS	FILTROS RÁPIDOS
Tiempo de contacto agua-filtro	Es prolongado y depende del tipo de filtro.	Corto, sólo permanece unos minutos.
Lecho filtrante	Normalmente se usa arena, también antracita.	Arena, antracita, carbón activo o combinación de capas de diferentes materiales.
Mecanismos	Físicos y biológicos.	Físicos (prácticamente no tienen actividad biológica).
Elimina	Patógenos, olor y sabor.	Sólidos en suspensión grandes (baja efectividad para patógenos, olor y sabor).
Superficie requerida	Extensiones grandes.	No necesita grandes superficies.
Flujo	Causado por actuación de la gravedad.	Causado por acción de la gravedad o a presión.

Tabla 2 - Características de filtros lentos y rápidos.

Existen diferentes clasificaciones de filtros en función de varios factores:

- En función del lecho filtrante
 - **Filtros simples.** El lecho filtrante está formado por un único material.
 - **Filtros múltiples.** Se disponen varias capas de diferentes materiales, por lo que la filtración es más eficiente.

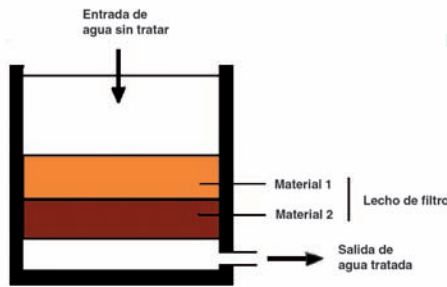
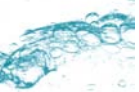


Figura 31 - Filtro de medios múltiples

- En función del sentido del flujo

- **Ascendente.** El agua asciende en el sentido en que los granos del medio filtrante disminuye de tamaño, lo que hace posible que todo el medio filtrante sea efectivo.

- **Descendente.** Su mayor simplicidad facilita el control y garantiza un buen manejo.

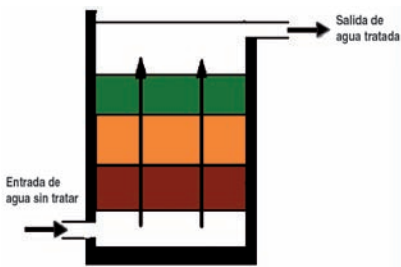


Figura 32 - Filtro de flujo ascendente

- En función de la carga sobre el lecho

- **Filtros de gravedad.** El flujo del agua desciende por acción de la gravedad. Son los más utilizados.

- **Filtros de presión.** El filtro está dentro de recipiente hermético. Trabaja a presión y la dirección del flujo puede ser ascendente o descendente.

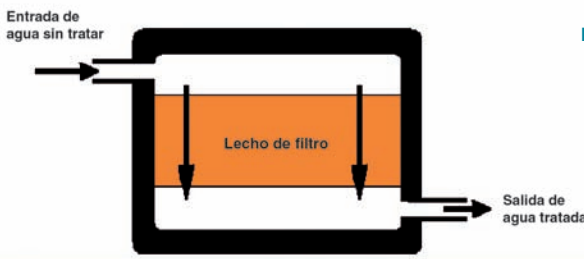


Figura 33 - Filtro de presión

1.10 FILTRACIÓN SOBRE DIATOMEAS

Las diatomeas son algas marinas microscópicas de composición unicelular, de formas y tamaños variados. Cuando la célula muere todo el contenido orgánico se destruye, con excepción de su esqueleto de sílice, los cuales generalmente van a depositarse al fondo del agua para formar al cabo de siglos grandes depósitos de algas fosilizadas conocidos como tierra de diatomeas, un material inerte no tóxico.

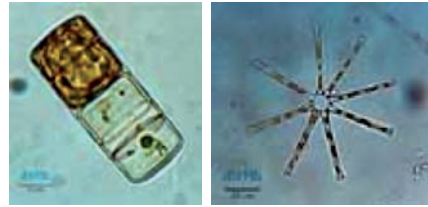


Figura 34 - Diatomeas

En este sistema se hace pasar el agua a través de un sistema de filtros de tierra diatomácea mediante bombas que envían el agua a presión a través del filtro.

1.11 FILTRACIÓN MEDIANTE MEMBRANAS

Las membranas para el tratamiento del agua son láminas delgadas de material que permiten separar los contaminantes según sus características (tamaño o la carga eléctrica). El agua pasa a través de una membrana, pero dependiendo de su tamaño. Las partículas de mayor tamaño, los microorganismos y otros contaminantes quedan separados.

La filtración mediante membranas se puede realizar mediante diferentes métodos.

- Microfiltración
- Nanofiltración
- Ultrafiltración
- Ósmosis inversa
- Electrodialisis

1.12 ELECTRODIÁLISIS

La diálisis es el proceso de difusión selectiva a través de una membrana, que se utiliza para la separación de moléculas de diferente tamaño. El sistema de electrodialisis consiste básicamente en un depósito de agua sometido a un campo eléctrico por medio de dos electrodos colocados en extremos opuestos

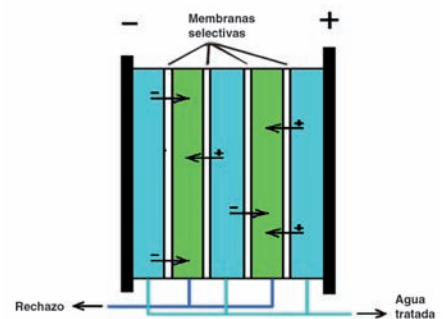


Figura 35 - Tratamiento de electrodialisis.

y entre los que se instalan una serie de membranas semipermeables susceptibles de retener cationes y aniones.

Es muy empleado en la desalación del agua de mar porque cuando la corriente se aplica al agua, los cationes se desplazan hacia el electrodo negativo (cátodo) y los aniones hacia el positivo (ánodo). De esta forma, los iones de cloro se dirigen hacia uno de los extremos y los iones de sodio hacia el otro extremo. Al moverse en cualquier dirección, estos minerales pasan a través de torres de membranas y son atrapadas por ellas.

El resto de sistemas de filtración se describen en el apartado de desinfección.

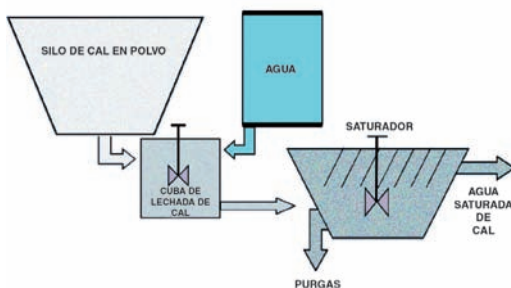
1.13 CORRECCIÓN DEL PH

El pH del agua de salida es necesario mantenerlo entre los valores 6,5 y 9,5, como indica el RD 104/2003, y evitar que el agua obtenida pueda producir corrosiones o incrustaciones en la red.

Para corregir el pH entre estos valores, se utilizan varios reactivos, que pueden dosificarse de forma líquida (en solución) o en polvo. Los más comunes son:

- Para el aumento de pH: hidróxido sódico o cálcico, carbonato sódico.
- Para la reducción de pH: ácidos sulfúrico o clorhídrico, anhídrido carbónico.

Figura 36 - Dosificación de hidróxido de calcio.



1.14 CARBÓN ACTIVO

La filtración a través de carbón activo es capaz de eliminar una gran cantidad de contaminantes, procede de carbones bituminosos, y se presenta en forma granular y en polvo.

- Carbón activo en polvo

El carbón activo en polvo, con tamaño entre 10 y 50 micras de diámetro, trabaja mezclándose íntimamente en un reactor agitado y es separado posteriormente por floculación o filtración.

El carbón activado en polvo a menudo se usa cuando surgen problemas temporales de calidad. Éste se puede agregar sencillamente al agua y desecharlo con los fangos de desecho. De esta forma, el carbón activo no se recupera, ya que se pierde con los fangos de desecho.

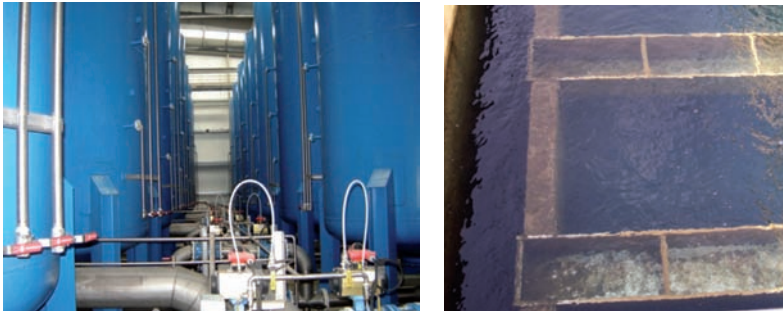


Figura 37 - Filtros de carbón activo. ETAP Ávila (izquierda). Detalle del filtro de carbón activo de la ETAP de Palencia (derecha).

- Carbón activo granulado

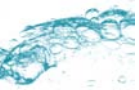
El carbón activo granular, de tamaño de partícula superior a 1 mm se utiliza como lecho filtrante, disponiendo el carbón activado en contenedores en forma de columna, a través de las cuales se hace circular el agua a tratar.

Este material debe regenerarse cuando esté colmatado y supere su capacidad útil de filtración. Existen tres métodos de regeneración:

- Regeneración química.
- Regeneración térmica por pirólisis y combustión.
- Regeneración con vapor.

1.15 FLUORACIÓN

Se considera, generalmente, que un contenido pequeño de flúor en el agua de abastecimiento (0,4 a 1 mg/l) favorece la formación del esmalte dental y protege los dientes contra la caries.



Por el contrario, un exceso de flúor produce la destrucción del esmalte dental y un conjunto de alteraciones de carácter endémico.

•Aumento de flúor

Acogiéndose al dictamen favorable de la OMS, se aplica la fluoración de las aguas de abastecimiento público como método preventivo contra la descomposición del esmalte de los dientes.

La cantidad o dosificación del compuesto de flúor necesaria para la fluoración de un agua determinada depende de los siguientes factores:

- Pureza del compuesto que se va a utilizar.
- Dosificación del fluoruro natural del agua.
- Concentración de ión fluoruro del compuesto.
- Concentración deseada para el agua tratada.

•Eliminación del flúor

Los procedimientos que se emplean son los siguientes:

- Tratamiento con fosfato tricálcico.
- Tratamiento con sulfato de alúmina.
- Desendurecimiento del agua con cal.
- Filtración sobre carbón activo: Sólo se puede aplicar a pH muy bajos. Este método no se suele utilizar.

1.16 MINERALIZACIÓN

El agua potable de buena calidad no debe ser corrosiva ni formar incrustaciones. Para ello el valor del pH del agua debe estar compensado con el grado de dureza. Si el agua es muy blanda será necesario realizar una mineralización para evitar que se produzca corrosión en las tuberías, y si por el contrario es muy dura, puede dar lugar a la formación de incrustaciones en tuberías y válvulas, así como una reducción de la vida útil de los filtros.

Las cantidades crecientes de agua apta para consumo humano que se logran a través de procesos de desalación como la ósmosis inversa o la destilación poseen un bajísimo contenido en minerales, por lo que el fluido resulta corrosivo y para evitarlo debe efectuarse una mineralización, que normalmente se realiza al final del tratamiento.

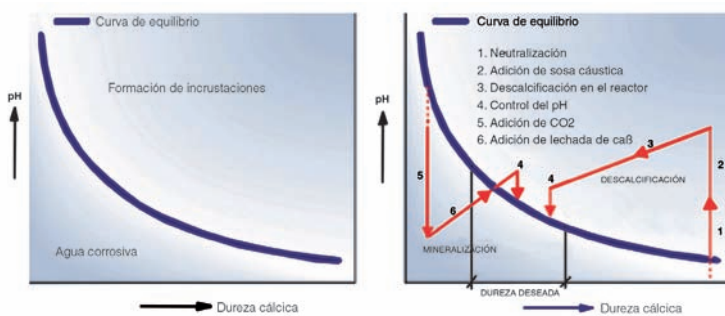


Figura 38 - Procesos de mineralización y descalcificación.

1.17 RESINAS INTERCAMBIADORAS

El intercambio iónico es una reacción química reversible que tiene lugar cuando un ión de una disolución se intercambia por otro ión de igual signo que se encuentra unido a una partícula sólida.

El proceso de tratamiento por intercambio iónico elimina contaminantes inorgánicos cargados eléctricamente utilizando resinas, sustancias insolubles capaces de intercambiar los iones positivos o negativos por otros iones del mismo signo presentes en el agua.

Las instalaciones en las que se realiza el intercambio iónico son del tipo de lecho fijo. En este proceso el agua se hace pasar a través del lecho (recipiente cerrado que incluye la resina), donde intercambia sus contaminantes cargados eléctricamente por los iones inocuos de la resina. Las sustancias adsorbidas se van acumulando, por lo que es necesario limpiar periódicamente las resinas para su regeneración.

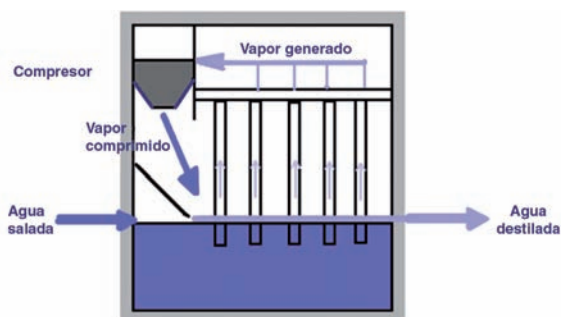
CLASIFICACIÓN		TIPOS
Por su función	Intercambiadores de cationes (capaces de fijar cationes minerales u orgánicos)	<ul style="list-style-type: none"> • Intercambiadores de cationes sintéticos • Poliestirenos sulfonados
	Intercambiadores de aniones (capaces de fijar aniones minerales u orgánicos)	<ul style="list-style-type: none"> • Cambiadores de aniones débil o medianamente básicos • Cambiadores de aniones fuertemente básicos
Por su naturaleza	Intercambiadores orgánicos	<ul style="list-style-type: none"> • Naturales • Sintéticos
	Intercambiadores inorgánicos	<ul style="list-style-type: none"> • Naturales • Sintéticos

Las tres aplicaciones principales de intercambio iónico en el tratamiento de potabilización son: desendurecimiento, decarbonatación y desmineralización total.

1.18 DESALINIZACIÓN POR PRESIÓN DE VAPOR

En este sistema se utiliza un compresor adiabático que consigue dos sectores de diferente presión, de tal manera que se genera un flujo de vapor desde el sector de mayor presión y temperatura de condensación hacia el inferior, lugar donde se produce la condensación.

Figura 39 - Diagrama de la desalinización por presión de vapor (CV) con evaporador de tubos verticales.



1.19 DESINFECCIÓN

En la desinfección existen dos fases: la desinfección primaria, donde se eliminan los patógenos y la materia orgánica y la secundaria, para asegurar que la desinfección se mantiene durante la distribución del agua hasta que llega al consumidor evitando la aparición de patógenos en el transporte.

Los principales factores que influyen sobre la eficacia de la desinfección son los siguientes:

FACTORES DE LA EFICACIA DE DESINFECCIÓN

- Microorganismos presentes.
- Desinfectante utilizado.
- Tiempo de contacto.
- Características físico-químicas del agua.
 - pH.
 - Partículas en suspensión.
 - Materia orgánica.
- Temperatura del agua.

Existen diferentes métodos de desinfección que se describen a continuación.

A. CLORO

En la desinfección el método más extendido es la aplicación de cloro y sus derivados:

- Hipoclorito.
- Cloro gaseoso.
- Dióxido de cloro.
- Cloraminas.
- Electrolisis.

A.3. DISPOSITIVOS

En una estación de cloración hay diferentes partes:

- Almacén. Adecuado al producto clorado que se utilice, líquido, sólido o gas.
- Sala de cloración. En esta sala está situado el sistema de medición y control y los productos clorados en operación.
- Cámara de contacto. Compartimento donde se realiza la aplicación del cloro al agua por medio de dosificadores.

Los equipos que se utilizan en cada caso dependen de si el cloro se presenta en forma gaseosa, líquida o sólida.

Dosificadores

La desinfección debe efectuarse mediante un equipo de dosificación automático. Asimismo, se recomienda la implantación progresiva de aparatos automáticos de inyección y de medida de desinfectante residual a la salida de ETAPs y depósitos con sistema de cloración.



Figura 40 - Dosificador de cloro gaseoso.
ETAP Palencia.

- Cloro gaseoso

Este gas es muy corrosivo y tóxico, por tanto es de gran importancia realizar un adecuado mantenimiento de los dosificadores con regularidad, según especificaciones del fabricante. Hay que tener sumo cuidado de que la humedad no se mezcle con el cloro gaseoso dentro del sistema dosificador, pues el cloro gaseoso húmedo corroerá o deteriorará rápidamente el equipo. Se debe limpiar regularmente el cloruro férrico que se deposita en las tuberías. En los equipos de dosificación a vacío, hay que tener en cuenta que la difusión del cloro en tubería se dificulta cuando la contrapresión supera los 10 m de columna de agua, en cuyo caso se deberá optar por seleccionar cloradores con funcionamiento a vacío. El cambio de un cilindro vacío a otro lleno, por seguridad, siempre deben estar presentes al menos dos operarios.



Figura 41 - Cilindros de cloro gaseoso.

- *Dosificador a presión*

El cloro, después de pasar por el dosificador, llega al depósito y es aplicado directamente en el agua mediante un difusor. A lo largo del sistema hay varias válvulas que participan en la seguridad del proceso. Para evitar escapes, se controla la salida de gas mediante una válvula de hidronivel. La válvula antiretorno impide que el gas vuelva hacia el dosificador y dañe sus componentes.

- *Dosificador a vacío (Venturi)*



Figura 42 - Dosificador de cloro a vacío de la ETAP de Palencia.

En este sistema, el cloro medido por el dosificador es transportado al depósito por el vacío que crea el dispositivo Venturi al hacer pasar por él una corriente de agua.

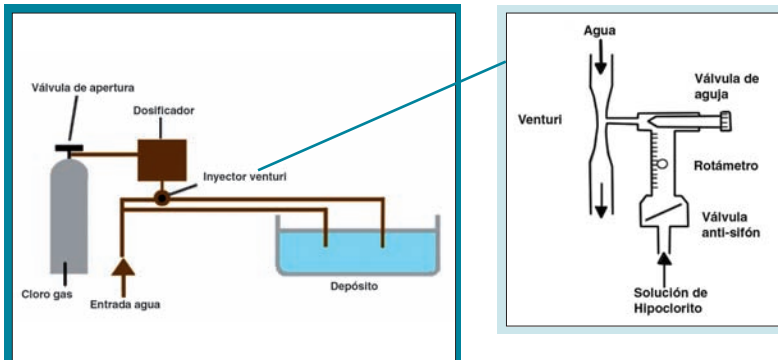


Figura 44 - Dosificador de vacío (Venturi).

- Disolución

Los dosificadores para cloro en disolución pueden trabajar a presión atmosférica o bajo presión, ya sea positiva o negativa.

- A presión atmosférica.

Los más utilizados son los de “carga constante” debido a su mayor precisión y confiabilidad. Se compone de un tanque donde se mantiene siempre la misma columna de agua, que contiene una solución madre dosificada mediante diferentes mecanismos. Se utiliza como única fuerza motriz la presión del agua.

El sistema de tanque con válvula de flotador, es muy sencillo, de bajo coste y bastante exacto.

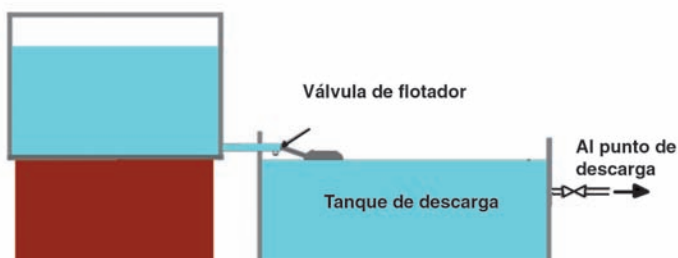


Figura 44 - Dosificador con válvula de flotador.

- *Bajo presión. Bomba de diafragma*

La bomba eleva la solución clorada por medio de la presión que ejerce un diafragma, a través de una cámara que tiene dos válvulas unidireccionales (entrada y salida), que finalmente es inyectada al agua. El sistema puede trabajar a presión atmosférica si el agua se toma de un conducto o depósito abierto, o a presión positiva, si la toma de agua se realiza desde una tubería cerrada.

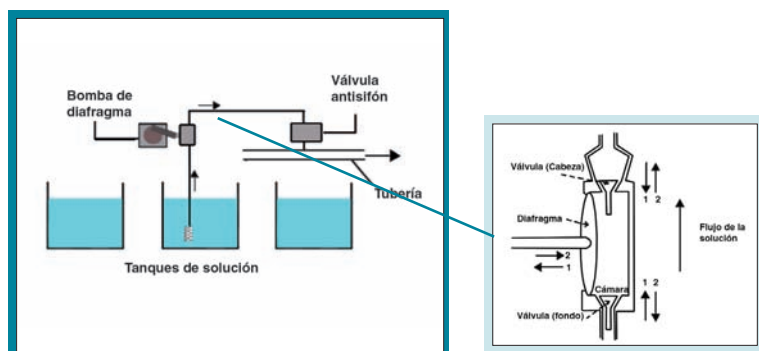


Figura 45 - Cámara de una bomba de presión y detalle de la bomba de diafragma.

- *Dosificador por vacío.*

En este tipo de sistemas la solución de cloro es succionada por el vacío que crea el dispositivo Venturi o al conectar el dosificador a una tubería de aducción. El dispositivo Venturi es el más empleado, permite dosificar soluciones cloradas en tuberías presurizadas. La dosificación se regula ajustando la válvula de aguja instalada entre el dispositivo Venturi y el rotámetro.

• Sólido

Para productos sólidos se utiliza el dosificador de erosión, donde las tabletas de hipoclorito de calcio, que se disuelven por la acción erosiva que ejerce el agua a su paso. Cuando la tableta se agota se va reponiendo automáticamente por gravedad.

B. MICROFILTRACIÓN, ULTRAFILTRACIÓN Y NANOFILTRACIÓN

Los procesos de separación de materias disueltas por medio de membranas, bajo el efecto de una presión se utilizan las propiedades semipermeables de ciertas membranas (permeables al agua y a ciertos solutos, pero impermeables a otros, así como a toda partícula).

	MICROFILTRACIÓN	NANOFILTRACIÓN	ULTRAFILTRACIÓN
Tamaño de poro	0,1 – 10 μm	0,001 – 0,1 μm	<0,001 μm
Ventajas	Elimina arcilla, Giardia, algas y parte de bacterias.	Elimina todos los tipos de bacterias y casi todos los virus.	Elimina todo tipo de bacterias, virus, quistes, material húmico y moléculas orgánicas.
Desventajas	No retiene virus.	No retiene todos los virus, ni sustancias húmicas.	Alto coste de operación.

Tabla 4 - Características de la microfiltración, ultrafiltración y nanofiltración

Material:

- Las membranas enrolladas en espiral están compuestas por varias láminas de membrana plana alrededor de una tubería central que suministra el agua que recibirá el tratamiento.

- Las configuraciones de fibra fina hueca utilizan un grupo de miles de tubos huecos que están contruidos con material de la membrana.

Los ultrafiltros, como los microfiltros usualmente se encuentran en una configuración de fibra hueca. Los nanofiltros, al igual que la ósmosis inversa, se encuentran normalmente en una distribución enrollada en espiral.

Las partículas en suspensión se acumulan sobre el material filtrante y al cabo de un cierto tiempo de funcionamiento hay que proceder a una limpieza mecánica del material filtrante o a una sustitución de la membrana obstruida.

C. ÓSMOSIS INVERSA

La ósmosis inversa consiste en hacer pasar el agua a presión por la membrana semipermeable, filtrando de este modo diferentes tipos de partículas y microorganismos.

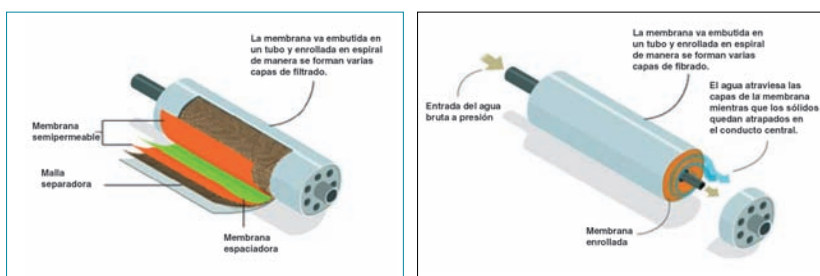


Figura 46 - Sistema de ósmosis inversa.



Las membranas utilizadas son de dos tipos normalmente: membranas de acetato de celulosa o de poliamidas aromáticas.

D. OZONIZACIÓN

El ozono se produce en un generador de ozono, donde se introduce aire u oxígeno mediante el sistema de alimentación. Cuando se aplica un voltaje alto (6.000-20.000 V) a dos electrodos, se produce un arco, donde parte del O_2 se transforma en O_3 . Aproximadamente del 1 al 10 por ciento del oxígeno que fluye por los electrodos se transforma en ozono.

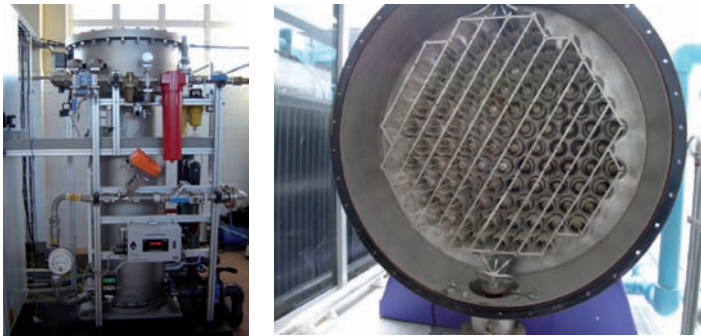


Figura 47 - Generadores de ozono. ETAP de Zamora (izquierda) y ETAP de Salamanca (derecha).

El ozono es muy inestable y vuelve a convertirse en oxígeno en unos minutos. Por ello, el ozono debe generarse "in situ", ya que no se puede enviar hasta la planta de tratamiento.

Para que la desinfección se produzca, el ozono debe entrar en contacto con el agua y dispersarse finamente a través de difusores de burbujas finas ubicados en cámaras con deflectores o en un contactor de tipo turbina.

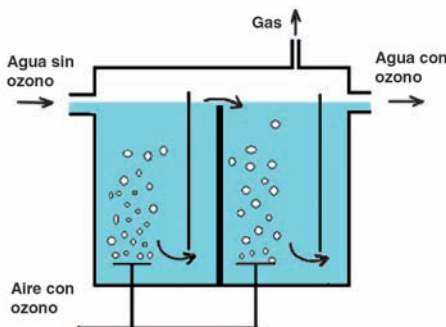


Figura 44 - Dosificador con válvula de flotador.

E. ULTRAVIOLETA

La desinfección mediante éste método se origina en cámaras de exposición, donde la luz ultravioleta se produce por medio de lámparas de vapor de mercurio, de alta y baja presión. Hay dos tipos de cámaras, dependiendo de la ubicación de la lámpara:

- Lámparas sumergidas en el agua- la lámpara está aislada por una camisa de sílice o teflón (transparentes a rayos UV).
- Lámparas fuera del agua- las lámparas están suspendidas sobre el agua que se está tratando en forma casi rasante con el agua

2. CLASIFICACIÓN TOXICOLÓGICA

En los Reales Decretos 363/1995 de 10 de marzo y 255/2003 del 28 de febrero se aprueban los Reglamentos sobre clasificación, envasado y etiquetado para sustancias y preparados peligrosos.

Sólo podrán comercializarse aquellos productos químicos que, además de haber sido notificados a la autoridad competente, reúnan los siguientes requisitos:

- Cumplir las condiciones de envasado y de etiquetado.
- Cumplir las obligaciones relativas a la ficha de datos de seguridad.

2.1 ETIQUETADO

La etiqueta de las sustancias debe contener la siguiente información:

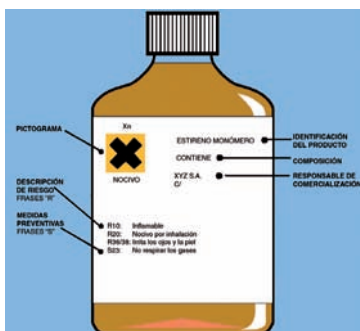
Figura 49 - Contenido de la etiqueta de sustancias químicas peligrosas.



(1) En el caso de que la sustancia esté contenida en el Anexo I del R.D. 363/95.

La etiqueta de los preparados debe contener la siguiente información:

Figura 50 - Contenido de la etiqueta de preparados químicos peligrosos.



2.2 FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

Al igual que con el etiquetado, antes de emplear cualquier sustancia o preparado peligroso se debe consultar su ficha de datos de seguridad.

Información a incluir en una ficha de datos de seguridad:

- Identificación de la sustancia o preparado y de la sociedad o empresa.
- Identificación de los peligros.
- Composición/información sobre los componentes.
- Primeros auxilios
- Medidas de lucha contra incendios.
- Medidas que deben tomarse en caso de vertido accidental.
- Manipulación y almacenamiento.
- Control de exposición/protección individual.
- Propiedades físicas y químicas.
- Estabilidad y reactividad.
- Informaciones toxicológicas.
- Informaciones ecológicas.
- Consideraciones relativas a la eliminación.
- Informaciones relativas al transporte.
- Informaciones reglamentarias.
- Otras informaciones (variable, según fabricante o proveedor).

Los símbolos (pictogramas) que contiene el etiquetado del envase informan de los peligros que pueden derivarse de su utilización. El SGA, desarrollado en el ámbito de las Naciones Unidas, introduce un conjunto de criterios armonizados para clasificar sustancias y mezclas con arreglo a sus peligros físicos, peligros para la salud humana y peligros para el medio ambiente.

Con la publicación del Reglamento (CE) 1272/2008 se ha establecido un nuevo sistema armonizado de clasificación y etiquetado de sustancias y mezclas, llamado Sistema Globalmente Armonizado (SGA) con el fin de establecer criterios homogéneos a nivel mundial.

Estos nuevos criterios de clasificación y etiquetado serán obligatorios para las sustancias a partir del 1 de diciembre de 2010 y para las mezclas a partir del 1 de junio de 2015. Hasta esas fechas las sustancias y mezclas se podrán seguir clasificando y etiquetando indistintamente conforme a la normativa actual o aplicando este nuevo reglamento comunitario.



La nueva clasificación de sustancias y mezclas peligrosas que se realiza conforme al Reglamento (CE) 1272/2008, es la siguiente:

PELIGROS	CLASIFICACIÓN
FÍSICOS	<ul style="list-style-type: none"> Explosivos Gases inflamables Aerosoles inflamables Gases comburentes Gases a presión Líquidos inflamables Sustancias y mezclas que experimentan calentamiento espontáneo Sustancias y mezclas que, en contacto con el agua desprenden gases inflamables Líquidos comburentes Sólidos inflamables Sustancias y mezclas que reaccionan espontáneamente Líquidos pirofóricos Sólidos pirofóricos Sólidos comburentes Peróxidos orgánicos Sustancias y mezclas corrosivas para los metales
PELIGROS SOBRE LA SALUD HUMANA	<ul style="list-style-type: none"> Toxicidad aguda Corrosión o irritación cutánea Lesiones oculares graves o irritación ocular Sensibilización respiratoria o cutánea Mutagenicidad en células germinales Carcinogenicidad Toxicidad para la reproducción Toxicidad específica en determinados órganos (STOT) - exposición única Toxicidad específica en determinados órganos (STOT) - exposición repetida Peligro por aspiración
PELIGROS PARA EL MEDIO AMBIENTE	<ul style="list-style-type: none"> Peligros para el medio ambiente acuático Peligros para la capa de ozono



Pictogramas nuevos

Descripción	Pictograma	Clase y categoría del peligro:
Bomba explotando		Explosivos inestables Explosivos de las divisiones 1.1, 1.2, 1.3, 1.4 Sustancias / mezclas que reaccionan espontáneamente. Tipos A, B Peróxidos orgánicos, Tipos A, B
Llama		Gases inflamables, categoría 1 Aerosoles inflamables, categorías 1,2 Líquidos inflamables, categorías 1,2,3 Sólidos inflamables, categorías 1,2 Sustancias y mezclas que reaccionan espontáneamente, Tipos B,C,D,E,F Líquidos pirofóricos, categoría 1 Sólidos pirofóricos, categoría 1 Sustancias/mezclas que experimenten calentamiento espontáneo, categorías 1,2 sustancias y mezclas, que en contacto con aguas emiten gases inflamables, categorías 1,2,3 Peróxidos orgánicos, Tipos B, C, D, E, F
Llama sobre círculo		Gases comburentes, categoría 1 Líquidos comburentes, categ.1,2,3
Bombona de gas		Gases bajo presión: - Gases comprimidos - Gases licuados - Gases licuados refrigerados - Gases disueltos
Corrosión		Corrosivo para metales, categoría 1 Corrosión cutánea, categ. 1A,1B,1C Daños oculares importantes, categoría 1
Calavera y tibias cruzadas		Toxicidad aguda (oral, cutánea, inhalación), categorías 1,2,3
Signo de exclamación		Toxicidad aguda (oral, cutánea, inhalación), categoría 4 Irritación cutánea, categoría 2 Irritación ocular, categoría 2 Sensibilización cutánea, categoría 1 STOT tras exposición única- categoría 3

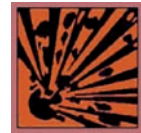
Descripción	Pictograma	Clase y categoría del peligro:
Peligro para la salud		Sensibilización respiratoria, categoría 1 Mutagenicidad para células germinales, cat. 1A,1B,2 Carcinogenicidad, categorías 1A,1B,2 Tóxico para la reproducción, categorías 1A,1B,2 STOT – tras exposición única, categorías 1,2 STOT – tras exposiciones repetidas, categorías 1,2 Riesgo por aspiración, categoría 1
Medio ambiente		Peligroso para el medio acuático - Peligros agudos, categoría 1 - Peligros crónicos, categorías 1,2

STOT: Tóxico específico en determinados órganos

Pictogramas anteriores al SGA

- Explosivos:

Las sustancias o preparados sólidos, líquidos, pastosos o gelatinosos que, incluso en ausencia de oxígeno del aire, pueden reaccionar de forma exotérmica con rápida formación de gases y que, en determinadas condiciones de ensayo, detonan, deflagran rápidamente o, bajo el efecto del calor, en caso de confinamiento, explotan.



E EXPLOSIVO

- Inflamables:

Las sustancias y preparados líquidos con bajo punto de ignición.

- Fácilmente inflamables:

Las sustancias y preparados:

Que puedan calentarse e inflamarse fácilmente en el aire a temperatura ambiente sin aporte de energía.

Los sólidos que puedan inflamarse fácilmente tras un breve contacto con una fuente de inflamación y que sigan quemándose o consumiéndose una vez retirada dicha fuente.

Los líquidos cuyo punto de ignición sea muy bajo.

Que en contacto con agua o con aire húmedo, desprenden gases extremadamente inflamables en cantidades peligrosas.

- Extremadamente inflamables:

Las sustancias y preparados líquidos que tengan un punto de ignición extremadamente bajo y las sustancias y preparados gaseosos que, a temperatura y presiones normales, sean inflamables con el aire.



F FÁCILMENTE INFLAMABLE
F+ EXTREMADAMENTE INFLAMABLE

- Comburentes:

Las sustancias y preparados que, en contacto con otras sustancias, en especial con sustancias inflamables, produzcan una reacción fuertemente exotérmica.



O COMBURENTE

- Tóxicos:

Las sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea en pequeñas cantidades pueden provocar efectos agudos o crónicos, incluso la muerte.



T TÓXICO
T+ MUY TÓXICO

- Muy tóxicos:

Las sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea en muy pequeñas cantidades pueden provocar efectos agudos o crónicos, incluso la muerte.

- Corrosivo:

Las sustancias y preparados que en contacto con tejidos vivos puedan ejercer una acción destructiva de los mismos.



C CORROSIVO

- Nocivo:

Las sustancias o preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea puedan provocar efectos perjudiciales para la salud pero de gravedad limitada.



Xn NOCIVO

- Irritantes:

Las sustancias y preparados no corrosivos que, en contacto breve, prolongado o repetido con la piel o las mucosas puedan provocar una reacción inflamatoria.



Xi IRRITANTE

- Peligroso para el medio ambiente:

Las sustancias y preparados que presenten o puedan presentar un peligro inmediato o futuro para uno o más componentes del medio ambiente.



Sistema de almacén. Depósitos



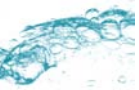
Sistema de almacén. Depósitos

A lo largo del día los caudales aportados desde las captaciones se mantienen constantes, mientras que los caudales que se consumen en los asentamientos varían en función de una serie de circunstancias de difícil determinación. Por este motivo, es necesario contar con volúmenes importantes de agua almacenada en depósitos reguladores con el objeto de hacer frente a las demandas de agua que se puedan producir. Es una solución más económica que la de sobredimensionar las conducciones para que en ellas exista el suficiente caudal de agua que se va a demandar en determinados momentos del día.

La posición de los depósitos reguladores está muy relacionada con el sistema de distribución que se haya seleccionado para el núcleo de población. Si los depósitos no están situados en lugar elevado es necesario recurrir a bombeos para impulsar el agua. En cualquier caso según indica el RD 140/2003 todo depósito deberá estar siempre tapado y dotado de un desagüe que permita su vaciado total, limpieza y desinfección.

Los objetivos que tienen los depósitos reguladores son los siguientes:

- Almacenamiento y regulación de las aguas.
- Escalonamiento de presiones, al actuar como elementos de ruptura de carga.
- Racional distribución de las redes por pisos, cuando ello sea preciso.



1 TIPOS

1.1 SEGÚN SU FUNCIÓN

• Depósitos de regulación

Son depósitos intercalados en el sistema de aducción que tienen por misión regular los diferentes regímenes con que funciona el sistema, pudiendo regular, por ejemplo, la transición entre un sistema a presión y un tramo de conducción por gravedad o viceversa.

• Depósitos de distribución

Son instalaciones de almacenamiento de agua que alimentan directamente a la redes de distribución. Estos depósitos pueden tener múltiples finalidades, existiendo diferentes tipos dentro de los depósitos de distribución:

- *Torres de presión*

Cuando por las condiciones topográficas se hace necesario un depósito elevado y los volúmenes de reserva necesarios son grandes, puede ser preferible optar por una solución formada por un depósito a nivel del terreno y una estación elevadora asociada a una torre de presión.

La torre de presión no tiene una función específica de reserva. Se limita a asegurar la presión necesaria en la red de distribución y a comandar los arranques y paradas de los grupos de bombeo.

- *Acumulador hidráulico*

La instalación del acumulador hidráulico permite almacenar un determinado volumen de agua a presión y actúa a la vez como regulador de caudal, igual que el depósito, independizando el caudal bombeado del consumido. Sin embargo, el caudal de bombeo al acumulador no es constante debido a que las fluctuaciones de presión en el acumulador son mucho mayores que las variaciones de nivel en los depósitos.

Las redes ramificadas suelen disponer de un único depósito de alimentación situado en la cabecera de las redes. Las redes malladas deben tener, para su correcto funcionamiento, un depósito de cabecera y otro de cola.

1.2. SEGÚN LA UBICACIÓN EN LA RED

• Depósito de cabecera.

Los depósitos de cabecera o alimentadores están situados al final de la conducción y de ellos parten las arterias o tuberías maestras.

El volumen de aguas que debe contener el depósito regulador de cabecera de la red debe ser el equivalente al caudal que se demanda durante un día o dos días a lo sumo, según un criterio muy generalizado. Con ello se pretende atender la demanda y al mismo tiempo evitar que las aguas permanezcan almacenadas largo tiempo, con lo cual sus condiciones de potabilidad se verían considerablemente mermadas.

• Depósitos de compensación y de cola.

En las redes de distribución, y cuando ello es preciso, también se suelen construir otros depósitos que se colocan en puntos donde pueden plantearse deficiencias en el servicio, o a mitad o en los extremos de las redes. A estos depósitos, que se denominan de cola, se les suele dar la mitad de la capacidad de almacenamiento que tienen los depósitos de cabecera.

Los depósitos de cola o depósitos terminales acumulan agua en los periodos de bajo consumo y alimentan la red en las horas punta de mayor consumo, asegurando así un mejor reparto de las presiones.

Los depósitos de compensación se llaman de cola cuando la red está interpuesta entre el depósito y la fuente de alimentación, y tienen la particularidad de que la entrada y la salida del agua se efectúan por medio de la misma conducción.

1.3. SEGÚN EL TIPO DE CONSTRUCCIÓN

• Enterrados

Mantienen un buen aislamiento térmico de las aguas, pero la salida de las tuberías de agua y de desagües es dificultosa y costosa. También los depósitos enterrados no constituyen, al no ser visibles, un impacto visual desafortunado dentro de las urbes. Aún en situaciones en las que el asentamiento se encuentra en llano, mediante inyecciones de aire comprimido que producen una sobrepresión, es posible lograr un adecuado abastecimiento con el empleo de estos depósitos.

• Semienterrados

Es una alternativa intermedia entre los depósitos enterrados y superficiales.

Los depósitos enterrados y semienterrados siempre estarán situados por encima de la red de saneamiento, aguas de escurrimiento o subterráneas.

• Superficiales

Los superficiales son fáciles de construir y de vigilar, pero hay que dotarlos de un aislamiento eficaz.

• Elevados

Estos depósitos se construyen en terrenos llanos, donde no se puede disponer de cotas elevadas. Su forma es casi siempre cilíndrica.

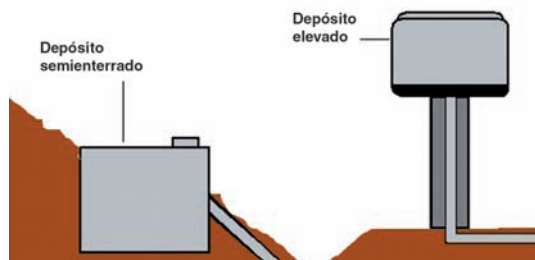


Figura 51 - Depósito semienterrado (izquierda) y elevado (derecha).

2 ELEMENTOS

Los depósitos están formados por los siguientes elementos:

- **Vallado de protección.** Los depósitos dispondrán siempre de un vallado o perímetro de protección para evitar el acceso de personas no autorizadas y animales.
- **Muros de recinto.** Los muros del recinto tienen como finalidad mantener el agua dentro del depósito, soportando las presiones que el agua ejerce sobre ellos en función de la altura que alcance ésta dentro del depósito. Se suelen construir con hormigón hidrófugo al que se le da una capa de revestimiento. El acero galvanizado se emplea cuando se plantea la posibilidad de recurrir a un almacenamiento de alta presión.

Las paredes del depósito y sus cubiertas no presentarán fisuras y serán resistentes, impermeables y lavables. Se recomienda que todo depósito tenga al menos dos vasos para facilitar su limpieza.

- **Tabiques divisorios.** Se emplean para compartimentar el depósito para atender necesidades como contener aguas de diferente procedencia.
- **Solera.** La solera o base del depósito se suele realizar en hormigón armado o en masa. A la solera se le da una pequeña pendiente a fin de facilitar su limpieza.

- **Cubierta.** La cubierta de los depósitos puede ser plana o con forma de bóveda. Será firme, hermética, dotada de dispositivos de cierre y con un grado de inclinación suficiente que impida la retención de residuos contaminantes y para evitar la formación de condensaciones de agua activa en la cara inferior de la cubierta.

- **Cámara de llaves.** Son cuartos anexos donde se montan todos los elementos necesarios para manejar la entrada y salida de agua, la limpieza y el desagüe de los depósitos así como la realización de análisis. En algunos supuestos también se aloja en estos cuartos los contadores y en otro incluso se realiza en estos cuartos, la cloración de las aguas.

- **Entrada de agua.** En la entrada de agua se suelen construir unos escalones para romper la fuerza con que el agua suele llegar a los depósitos.

- **Toma o tomas de agua.** Además del grifo de salida es aconsejable la existencia de otro punto para la toma de muestras y control analítico del agua en dicho punto.

- **Tuberías de rebosamiento y vaciado.** Gracias a estas tuberías podemos evitar que los depósitos al llenarse en exceso se fisuren por sobrepresión y vaciar el depósito cuando sea necesario. Todas ellas protegidas con rejilla o tela metálica y dirigidas hacia abajo, evitando que entre lluvia o aniden animales

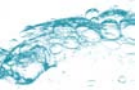
- **Ventilación.** El agua dentro de los depósitos sufre continuas variaciones de nivel, que exigen la constante entrada y salida de aire para compensar los incrementos o decrecimientos de volumen de la masa de agua. A los efectos se practican en los depósitos aperturas de ventilación, que hay que cuidar para que no entren por ellas, aguas indeseables, insectos, pájaros, animales, etc.

Los respiraderos deben protegerse para impedir cualquier fuente de contaminación exterior.

- **Deflectores.** Estos elementos cambian la dirección del fluido y se utilizan para distribuir las velocidades del agua de forma homogénea, ralentizar el flujo o dirigir la dirección del agua.

- **Impermeabilización.** Los depósitos construidos con hormigón, cemento, acero o PVC sanitario, no precisan de recubrimiento impermeable; sí en cambio, los construidos con ladrillo o mampostería.

- **Aparatos de medida y regulación:** Con estos aparatos podemos conocer en cada momento cuál es la cantidad de agua almacenada y también podemos controlar la calidad de las aguas a suministrar.



3 MATERIALES

Los depósitos deben garantizar que conservarán la calidad de las aguas, por lo que debe cumplir con el Real Decreto 140/2003, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano, y en su artículo 14, sobre productos de construcción determina que: “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”.

• De construcción

Entre los materiales que se han venido utilizando para la construcción de depósitos hay una gran variedad. El soporte para los depósitos elevados puede ser de acero o de hormigón armado. El material del vaso suele ser normalmente hormigón, acero o poliéster reforzado. El gran inconveniente del acero es que es oxidable. El galvanizado permite mejorar este inconveniente y garantizar durante más tiempo el buen estado del material. Una ventaja del acero frente al hormigón es que se puede construir en taller y montarlo después en el lugar de ubicación. Cuando se utiliza hormigón es necesario construir las piezas “in situ”.

Los vasos de poliéster reforzado, muy útiles para volúmenes pequeños, tienen la ventaja de su escaso peso, lo que permite el transporte de prefabricados y su fácil manejo. Al igual que el hormigón, los polímeros presentan poca o nula corrosión. Además, su superficie es lisa y no tiene tanto peligro de agrietamiento como las paredes delgadas de hormigón.

• De revestimiento

Los beneficios del revestimiento del depósito son varios:

- Mejora la calidad del agua almacenada al no entrar en contacto con materiales que puedan alterar la calidad o su sabor.
- Facilita la limpieza de paredes y fondos, en lo que se convierte en un ahorro de tiempo para limpieza del mismo, etc.
- La aplicación de resina repara los desperfectos (viguetas, paredes, pilares, etc) producidos por el paso del tiempo y el uso de los materiales corrosivos utilizados, como el hipoclorito.
- Impermeabilizar del techo exterior de los depósitos para evitar filtraciones con resinas EPOXI exterior y mallazo de fibra mineral. Las filtraciones es una de las principales causas del deterioro y derrumbamiento de muchos depósitos de cemento de almacenamiento de agua.

Se pueden encontrar depósitos con los siguientes materiales:

MATERIALES	
DE CONSTRUCCIÓN	DE REVESTIMIENTO
<ul style="list-style-type: none"> - Acero - Acero inoxidable - Fibra de vidrio - Hormigón armado - Hormigón armado más acero - Hormigón postensado - Hormigón postensado más acero - Hormigón pretensado - Hormigón pretensado más acero - Ladrillo rojo - Mármol - Poliéster reforzado con fibra de vidrio - Poliéster reforzado con fibra de vidrio más resinas - Pórtland - PVC - Recubrimiento de piedra - Sillería de 60 cm de espesor medio 	<ul style="list-style-type: none"> - Acero inoxidable - Alquitrán - Arena - Barnices - Cemento - Fibrocemento* - Hierro fundido - Piedra - PVC - Resinas - Zinc metálico
* Actualmente está prohibida la utilización del fibrocemento.	

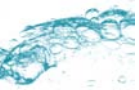
Tabla 5 - Diferentes materiales que se han utilizado en depósitos

• De limpieza

En el artículo 9 de la ORDEN SAS/1915/2009, 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.

La limpieza es conveniente realizarla al menos con periodicidad anual siguiendo el siguiente protocolo de actuación:

- Vaciado del depósito.
- Eliminación por medios mecánicos de partículas sedimentadas e incrustaciones.
- Reparación de estructuras dañadas, en su caso.
- Limpieza y desinfección con productos autorizados.
- Aclarado con agua.
- Llenado y puesta en funcionamiento con niveles adecuados de desinfectante residual.



En función de las necesidades de cada caso se utilizarán los siguientes productos de limpieza:

- Agua a presión.
- Desincrustante.
- Desinfectante.
- Jabón.

4 MANTENIMIENTO

Para que el agua conserve su calidad durante su almacenamiento, el gestor de los depósitos públicos o privados de la red de abastecimiento o la red de distribución debe realizar las siguientes labores de mantenimiento:

- Verificar que los depósitos estén bien protegidos, tapados y señalizados.
- Control regular la situación de la estructura, elementos de cierre, valvulería y canalizaciones e instalación en general,
- Realizar de forma periódica una limpieza, que incluya desincrustación y desinfección con productos autorizados, y aclarado con agua apta para el consumo. La frecuencia de limpiezas se establecerá en función de las características del depósito y la calidad del agua de entrada.



Distribución

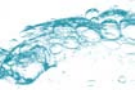


Distribución

La red de distribución es el conjunto de elementos encargados del transporte del agua desde los puntos de producción hasta los puntos de consumo: viviendas, industrias, comercios, etc.

Está constituida básicamente por tuberías y elementos especiales: válvulas, accesorios hidrantes, elementos de unión, elementos de medición, etc., que deben ser dimensionados adecuadamente para suministrar los caudales demandados, para lo cual será necesario mantener en la red unas presiones mínimas. La red de distribución debe satisfacer tanto la demanda actual doméstica e industrial, como la prevista en el futuro, en las condiciones de presión de servicio previamente establecidas. También debe contemplar el caudal adicional requerido para actuar con eficacia ante eventuales demandas de caudal.

Las redes de distribución deberán estar diseñadas de tal modo que no existan puntos o situaciones que puedan dar lugar a contaminación o deterioro del agua (por ejemplo: zonas de estancamiento prolongado). Las redes de distribución nuevas deberán estar en un plano superior a la red de saneamiento.



1 TIPOS DE REDES

La organización de las redes de distribución depende de varias características del terreno donde se ubica el sistema:

- La topografía del territorio a abastecer: Los territorios muy accidentados, por ejemplo, exigen el desarrollo de redes de distribución ramificadas de varios pisos, mientras que en zonas llanas un sistema mallado sería lo más conveniente.
- Características y morfología del tejido urbano.
- Condiciones urbanísticas y usos del territorio.

En función de la forma en que están conectadas las conducciones entre sí, podemos distinguir tres tipos de redes:

1.1 REDES RAMIFICADAS

Las redes de distribución ramificadas se componen esencialmente de tuberías primarias, las cuales se ramifican en conducciones secundarias y éstas, a su vez, se ramifican en ramales terciarios.

Este tipo de redes tan sólo pueden tener un punto de alimentación, ya que en caso contrario pasaría a ser mallada. Asimismo el agua sólo puede seguir un camino para llegar a cada uno de los nudos del sistema, por lo que el agua discurre siempre en el mismo sentido.

En instalaciones interiores de edificios (a partir de la acometida general) la configuración es ramificada, así como en las redes interiores de servicio en las industrias y en las redes interiores de extinción de incendios, salvo que se trate de instalaciones de importancia.

Ventajas:

- Es el más simple en su diseño ya que al estar definido el sentido de circulación del agua, puede precisarse con exactitud el caudal que circulará por cada tubería, lo cual facilita enormemente el cálculo de los diámetros.
- Es el sistema con menor costo de implantación.

Inconvenientes:

- Cuando se produce una rotura el abastecimiento a las zonas situadas aguas abajo de este punto resulta inviable.
- En los extremos o finales de la ramificación se presenta el inconveniente de que el agua queda estancada, pudiendo originar problemas sanitarios en el caso de

tiempos prolongados de permanencia, por lo que se hace necesario efectuar frecuentes descargas (ya sea por medio de bocas de riego o llaves de descarga).

- Las posibles ampliaciones o incrementos de consumo pueden dar lugar a presiones insuficientes si no se ha tenido en cuenta este hecho a la hora de diseñar el sistema.

1.2 REDES MALLADAS

En las redes malladas las tuberías principales se comunican unas con otras formando circuitos cerrados. Se caracterizan por el hecho de que la alimentación de las tuberías puede efectuarse por sus dos extremos indistintamente según se comporten las tuberías adyacentes, de manera que el sentido de la corriente no es siempre el mismo y el agua, para llegar a cada nudo del sistema, puede seguir como mínimo dos caminos diferentes. Esto se traduce en una mayor seguridad en el suministro, pues en caso de corte de una conducción existen caminos alternativos para la alimentación de los nudos de la red que hayan quedado desabastecidos. La red quedará dividida en sectores mediante llaves de paso de manera que, en caso necesario, cualquiera de ellos pueda quedar fuera de servicio sin afectar al resto y de este modo facilitar las operaciones de limpieza y de mantenimiento que es necesario efectuar con carácter periódico.

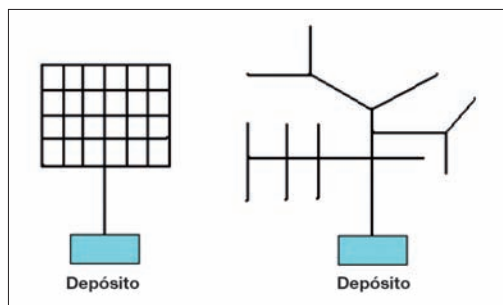


Figura 52 - Esquema de una red ramificada (izquierda) y mallada (derecha).

Ventajas:

- Se reducen los problemas sanitarios al no producirse estancamientos de larga duración, ya que el agua circula en mayor o menor medida por todas las tuberías. Menores pérdidas de carga en el sistema, lo que da lugar a presiones semejantes en las acometidas de todos los usuarios.
- Seguridad en el suministro en caso de roturas o cortes del servicio, ya que una avería en un punto determinado no afecta al resto del suministro, pues el agua



puede conducirse por otras tuberías de la malla, dejando aislado el tramo en reparación.

Inconvenientes:

- El dimensionamiento resulta más complejo. El costo de implantación es mayor que en las redes ramificadas.
- La regulación resulta más complicada. El control de los caudales que se envían desde las fuentes hasta los diferentes sectores implica disponer de un complejo sistema de válvulas que controle el trasvase de agua entre las diferentes zonas.

1.3 REDES MIXTAS

Es evidente que también puede adoptarse un sistema mixto, que disponga de una distribución en malla, de las que parten subsistemas ramificados.

En las redes mixtas, los distribuidores ciegos se utilizarán solamente en caso de que la disposición del núcleo a abastecer lo requiera, como pueden ser los puntos de consumo aislados.

2 ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN LA RED

2.1 CONDUCCIONES DE DISTRIBUCIÓN

Las conducciones de distribución llevan a cabo el suministro propiamente dicho a los consumidores finales. Como se ha comentado con anterioridad, la red de distribución debe satisfacer tanto la demanda actual, doméstica e industrial, como la prevista en el futuro, en las condiciones de presión de servicio previamente establecidas. También debe contemplar el caudal adicional requerido para actuar con eficacia ante eventuales demandas de caudal.

Las conducciones que forman la red de distribución se pueden clasificar en varios tipos:

- **Principales o arterias:** tuberías de alimentación que llevan el agua desde la toma a las arterias de distribución.

Son los de mayor diámetro y responsables de la alimentación de los conductos secundarios. Su principal función es, pues, la conducción.

- **Conducciones secundarias:** transportan el agua desde las arterias hasta los ramales de acometida o tuberías de distribución.

Son de menor diámetro que los anteriores.

- **Conducciones terciarias:** ramales de acometida o tuberías de distribución que finalizan en las arquetas de acometida donde se ubica la toma de cada edificación.

- **Tuberías de distribución o servicio** (conducciones generales): Están alimentadas desde las secundarias y desde ellas se practica la mayor parte de las acometidas a los usuarios.

- **Ramales de acometida:** Es el conjunto de tuberías, válvulas y accesorios que enlazan la red pública con la instalación interior del edificio, junto al muro de la fachada. Generalmente no se considera a estos ramales incluidos en las redes de distribución.

En general las conducciones discurrirán por vías o espacios públicos no edificables, siendo los tramos lo más rectos posibles, quedando ubicados bajo las aceras salvo excepciones inevitables. Las arterias principales de transporte se trazarán por zonas accesibles buscando la zona de mayor demanda.

Siempre que sea posible la red será mallada y en caso contrario deberá instalarse un desagüe para la purga periódica, para evitar problemas sanitarios causados por el estancamiento del agua.

La ejecución de redes enterradas atenderá preferentemente a la protección frente a fenómenos de corrosión, esfuerzos mecánicos y daños por la formación de hielo en su interior. Las conducciones no deben ser instaladas en contacto con el terreno, disponiendo siempre de un adecuado revestimiento de protección.

Por norma general, las tuberías deben ser alojadas en zanjas que tengan, como mínimo, 1m de profundidad para, de este modo, protegerlas contra la aparición de esfuerzos de cizallamiento y trepidaciones producidas por el tráfico rodado.

El fondo de estas zanjas debe ser plano, sin afloramientos rocosos, sin piedras sueltas, raíces, etc. En dicho fondo hay que colocar un lecho de arena que sirva como colchón a la tubería, por encima de la tubería es conveniente poner una capa de tierra cribada procedente de la misma excavación, y por encima de esta capa, se puede poner otra capa de tierra también procedente de la excavación.



2.2 TOMAS DE CAUDAL

• Acometidas

La acometida es la conducción y accesorios que enlaza la instalación general del edificio con la red exterior de suministro.

La acometida, según el Código Técnico de Edificación, debe disponer, como mínimo, de los elementos siguientes:

- Una llave de toma o un collarín de toma en carga sobre la tubería de distribución de la red exterior de suministro que abra el paso a la acometida.
- Un tubo de acometida que enlace la llave de toma con la llave de corte general.
- Una llave de corte en el exterior de la propiedad.

En el caso de que la acometida se realice desde una captación privada o en zonas rurales en las que no exista una red general de suministro de agua, los equipos a instalar (además de la captación propiamente dicha) serán los siguientes: válvula de pie, bomba para el trasiego del agua y válvulas de registro y general de corte.

• Instalaciones de extinción de incendios

Hay dos tipos:

- Las instalaciones particulares, que deben tener una acometida independiente de la del suministro de agua potable al local sin contador, alimentando el depósito de aspiración de los grupos de bombeo contra incendios.
- Hidrantes de incendio instalados en la vía pública, son tomas de salida de agua previstas para el uso de bomberos. Deben estar conectadas a la red mediante una conducción individual.

• Bocas de riego

Se instalan en la rasante del terreno y podrán abastecerse desde una conducción común para varias de ellas. A veces se utilizan como bocas de incendio o para limpieza de viales. Dispondrán de válvula de cierre.

• Desagües

Es preciso colocar desagües en los puntos bajos de los sectores, con sus correspondientes válvulas, para permitir las maniobras de vaciado de las tuberías, sobre todo para las operaciones de entrada en servicio, tras la desinfección controlada del tramo aislado. Estos desagües, instalados en arquetas adecuadas, están conectados a pozos de la red de alcantarillado, preferentemente los de aguas pluviales.

2.3 ELEMENTOS DE MANIOBRA Y CONTROL

Mediante válvulas se controla y regula variables como la presión y el caudal del sistema de abastecimiento. Son imprescindibles, ya que permiten aislar tramos de la conducción, regular caudales y presiones, proteger el sistema frente a sobrepresiones y/o depresiones, etc.

Pueden clasificarse atendiendo a diferentes factores, pero la clasificación atendiendo a la función que realizan en el sistema sea la más adecuada desde el punto de vista del usuario.

Se pueden dividir en:

- **Válvulas de control.**

En general, cualquier válvula que funcione de forma autónoma para mantener una determinada variable (presión, caudal, nivel...) se denomina automática. El circuito del control puede ser electrónico o hidráulico, mientras que el actuador que recibe las órdenes oportunas del citado circuito, eléctrico (válvula motorizada), neumático o mecánico (palancas en el caso de válvulas de boya). Se suelen utilizar las hidráulicas, que se accionan mediante la misma energía del fluido del sistema.

- **Válvulas de regulación**

Son aquellas que nos permiten controlar el valor de las variables del sistema mediante su apertura o cierre, o lo que es lo mismo, disipando más o menos energía. El control del caudal circulante o de la presión de salida pueden ser tareas encomendadas a este tipo de válvulas.

Generalmente no funcionan de forma autónoma, sino que suelen recibir órdenes desde un puesto de control central emitidas por un operador. El accionador suele ser un motor eléctrico, pero puede accionarse mediante válvulas hidráulicas o de forma manual.

- **Válvulas de protección**

Son elementos de protección que se instalan en el sistema para actuar de manera ocasional en condiciones extremas de funcionamiento del mismo. Son dispositivos automáticos de muy diversos tipos según la función a la que estén



Figura 53 - Válvula de compuerta



Figura 54 - Válvula de mariposa.



destinados. En algunas ocasiones también funcionan en condiciones normales de operación del sistema, como por ejemplo las ventosas utilizadas para extraer el aire del llenado de una conducción.

Las válvulas de retención y las ventosas son los dos elementos de protección más importantes.

- **Válvulas de retención.** Dispositivo que permite el paso del fluido en un solo sentido. Sus aplicaciones son múltiples, tanto en sistemas por gravedad como en estaciones de bombeo. Es recomendable su colocación en instalaciones interiores de los edificios para evitar retornos a la red. En sistemas por gravedad son convenientes para independizar varios sistemas de suministros e incluso para evitar el vaciado de conducciones con pendiente ascendente.

- **Ventosas.** Son elementos ubicados en las aducciones con dos objetivos fundamentales: la ventilación del sistema y como dispositivo de protección contra el golpe de ariete.

Como elemento de ventilación las ventosas tienen las siguientes funciones: salida o entrada del aire en la tubería de llenado o vaciado, y la expulsión del aire liberado en el transcurso del funcionamiento normal del sistema, impidiendo que el mismo permanezca acumulado en algunos puntos altos de la tubería.



Figura 55 - Ventosa.

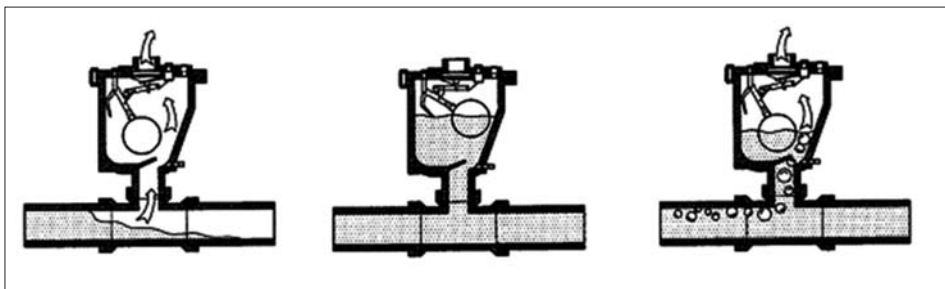


Figura 56 - Esquema del funcionamiento de la ventosa, llenado de la tubería (izquierda), tubería llena de agua (centro), salida del aire acumulado (derecha).

2.4 ELEMENTOS DE MEDIDA

Su finalidad es la de proporcionar un conocimiento de las principales variable físicas que nos indiquen el estado de la red.

• Medidores de presión

Existen multitud de procedimientos para la medida de la presión: manómetros metálicos (tipo Bourdon), manómetros diferenciales, transductores de presión, etc. La información puede ser leída directamente, registrada en bandas de papel o almacenada mediante un “data logger”. Como caso especial dentro de los medidores de presión, se pueden incluir los detectores del nivel de agua en depósitos.

• Medidores de flujo.

Hay dos tipos:

- **Medidores de caudal.** Permiten determinar el caudal instantáneo que circula por una conducción, generalmente basándose en la medición de la velocidad del fluido. Su uso es recomendable en los puntos de inyección, plantas de tratamiento, depósitos y principales conducciones. Los más utilizados habitualmente son de tipo mecánico (de turbina o hélice), electromagnéticos de inducción, ultrasónicos, los basados en la medida de presión diferencial provocada por un elemento especial (diafragma, venturi), etc.
- **Medidores de volumen o contadores.** Su finalidad es medir los volúmenes de agua suministrados a los consumidores o a sectores concretos de una red. Los de uso más frecuente son los de turbina (utilizados como medidores para pequeños usuarios), los de hélice (para grandes consumidores o para instalar en conducciones) y los volumétricos.

3 UNIONES Y JUNTAS

Las uniones de todas las conducciones se efectúan mediante juntas, que atendiendo al Código Técnico de la Edificación, serán estancas, y resistirán adecuadamente la tracción, o bien la red la absorberá con el adecuado establecimiento de puntos fijos, y en tuberías enterradas mediante estribos y apoyos dispuestos en curvas y derivaciones.

En las uniones de tubos de acero galvanizado o zincado las roscas de los tubos serán del tipo cónico, de acuerdo a la norma UNE 10 242:1995.

Las uniones de tubos de cobre se podrán realizar por medio de soldadura o por medio de manguitos mecánicos.

Las uniones de tubos de plástico se realizarán siguiendo las instrucciones del fabricante.

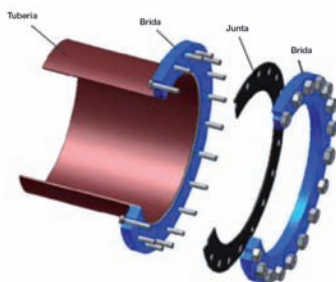


Figura 57 - Junta con brida.

4 MANTENIMIENTO

Para el mantenimiento de la red de distribución se deben llevar a cabo las siguientes actividades.

- Antes de su puesta en funcionamiento se realizará un lavado y 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.
- Limpiar periódicamente los dispositivos de suministro, para evitar el desarrollo de microorganismos patógenos.
- Renovar los tramos deteriorados y viejos, no permitiendo la aparición de pérdidas y averías.
- Emplear tuberías y soldaduras elaboradas con materiales adecuados que impidan la contaminación del agua con sustancias o microorganismos perjudiciales para la salud.
- Proceder al lavado y desinfección de las tuberías cuando se efectúen ampliaciones de la red, modificaciones o reparaciones.

- Verificar que las concentraciones de cloro residual en los puntos más alejados de la red son suficientes.
- En el caso de 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.

5 CISTERNAS/DEPÓSITOS MÓVILES

Las cisternas para el suministro de agua son sistemas de distribución por medio de los cuales se transporta agua de consumo humano hasta una zona con necesidad de ella. El agua se deposita en aljibes o tanques de almacenamiento desde donde se distribuye a los usuarios.

El gestor de la cisterna será el responsable de cumplir con los siguientes requisitos.

- El desinfectante residual debe ser superior a 0,2 mg/l en el punto de entrega.
- La cisterna sólo se usará para el transporte de agua de consumo humano.
- La calidad del agua suministrada debe ser la misma que la distribuida a través de la red.
- La cisterna debe portar carteles visibles de señalización: grifo blanco sobre fondo azul.



Figura 58 - Señalización obligatoria para las cisternas que distribuyan agua de consumo humano.

TIPOS

Existen diferentes tipos de cisternas que se pueden utilizar dependiendo de las necesidades de cada caso:

- Barco cisterna
- Camión cisterna
- Depósito móvil

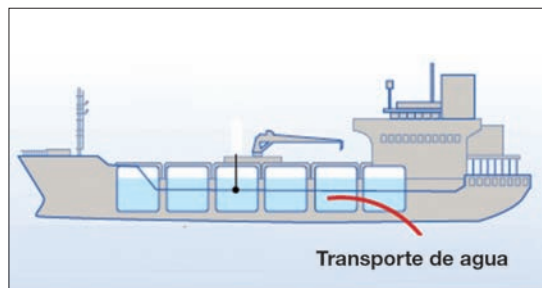


Figura 59 - Barco cisterna (izquierda) y camión cisterna (derecha).

Mantenimiento del sistema de distribución

En todo momento el responsable del transporte del agua adoptará las medidas de protección oportunas para mantener en buen estado la cisterna y la calidad del agua de consumo, así como aquellas medidas correctoras que en su caso señale la autoridad sanitaria.

Según dispone el RD 140/2003 el/los gestor/es de las distintas infraestructuras que componente la zona de abastecimiento debe/n:

- Vigilar de forma regular la situación de la estructura, elementos de cierre, valvulería, canalizaciones e instalación en general,
- Realizar de forma periódica la limpieza de los mismos, con productos aptos para la desinfección del agua de bebida que cumplan con las Normas UNE-EN, de acuerdo con la ORDEN SAS/1915/2009

6 MATERIALES DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

Los materiales que se vayan a utilizar en la instalación, en relación con su afectación al agua que suministren, deben ajustarse a los siguientes requisitos:

- Para las tuberías y accesorios deben emplearse materiales que no produzcan concentraciones de sustancias nocivas que excedan los valores permitidos por el Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero;
- No deben modificar la potabilidad, el olor, el color ni el sabor del agua.
- Deben ser resistentes a la corrosión interior.

- No deben presentar incompatibilidad electroquímica entre sí.
- Deben ser compatibles con el agua suministrada y no deben favorecer la migración de sustancias de los materiales en cantidades que sean un riesgo para la salubridad y limpieza del agua de consumo humano.
- Sus características, físicas o químicas, no deben hacer disminuir la vida útil prevista de la instalación.

Para cumplir las condiciones anteriores pueden utilizarse revestimientos, sistemas de protección o sistemas de tratamiento de agua.

La instalación de suministro de agua debe tener características adecuadas para evitar el desarrollo de gérmenes patógenos y formación de la biocapa (biofilm).

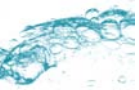
Existen antecedentes de problemas sanitarios derivados de la utilización de algunos materiales en contacto directo con las aguas de consumo que conviene evitar, y por ello las autorizaciones para el uso de estos productos están sujetas a las disposiciones que establezca la **Comisión Interministerial de Productos de Construcción** (CIPC), dependiente del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

Los productos y materiales de construcción pueden alterar la calidad del agua de diferentes formas:

Formas de alterar el agua por materiales y productos de construcción

- Confiriendo propiedades inaceptables, como sabor, color, olor o turbiedad.
- Favoreciendo migración de sustancias químicas.
- Disolución de materiales constituidos por sustancias peligrosas o prohibidas.
- Propiciando el desarrollo de microorganismos. Riesgo de crecimiento de películas biológicas (biofilm), y desarrollo de patógenos como Legionella.
- Reaccionando con desinfectantes.
- Siendo sensibles a altas temperaturas.
- Siendo materiales fácilmente corrosibles o deleznable.

El **Sistema Europeo de Aceptación de productos de construcción** (EAS, European Approval Scheme) es un sistema aún en desarrollo, que pretende regular la aprobación armonizada dentro de la Unión Europea de los materiales destinados a utilizarse en contacto con el agua de consumo. Para ello establece unos niveles muy exigentes de calidad y de seguridad sanitaria de los productos.



En algunos países como sucede en España, no hay aún definidos sistemas de evaluación y aceptación. En este caso, los fabricantes asumen la responsabilidad de la idoneidad de los materiales y productos en contacto con el agua. En la actualidad, el Ministerio Sanidad y Política Social trabaja para adelantarse al futuro Sistema Europeo de Aceptación y coordinar el establecimiento de criterios sanitarios para facilitar la selección de productos y materiales.

Conducciones

Son muchos los criterios que condicionan la selección del material de una tubería, por lo que no existe una solución óptima, ya que, dependiendo de los criterios de elección, los resultados pueden ser totalmente diferentes.

Los materiales tienen que cumplir las siguientes especificaciones contenidas en el Código Técnico de la Edificación:

- Dada la alteración que producen en las condiciones de potabilidad del agua, quedan prohibidos expresamente los tubos de aluminio y aquellos cuya composición contenga plomo, fibrocemento o amianto.
- Todos los materiales utilizados en los tubos, accesorios y componentes de la red, incluyendo también las juntas elásticas y productos usados para la estanqueidad, así como los materiales de aporte y fundentes para soldaduras, cumplirán igualmente las condiciones expuestas.

Válvulas y llaves

El Código Técnico de la Edificación cita las siguientes características que los materiales de válvulas y llaves deben cumplir:

- El material de válvulas y llaves no será incompatible con las tuberías en que se intercalen.
- El cuerpo de la llave o válvula será de una sola pieza de fundición o fundida en bronce, latón, acero, acero inoxidable, aleaciones especiales o plástico.
- Serán resistentes a una presión de servicio de 10 bar.

Acometidas

En las acometidas, donde los diámetros son pequeños, suelen utilizarse polietileno y acero galvanizado., pero pueden encontrarse acometidas compuestas por otros materiales.

Juntas

Para enlazar los tubos entre sí se utilizan juntas de diferentes materiales en función del diámetro de la tubería, del material del tubo, precio del montaje, comportamiento mecánico deseado en la unión, medio exterior que vaya a rodear la unión y ángulo permitido.

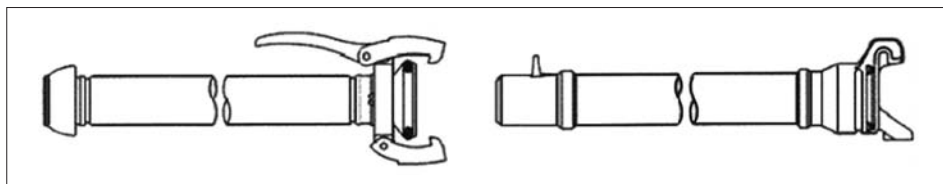


Figura 60 - Junta de palanca (izquierda), y junta hidráulica (derecha).

Revestimientos

Las tuberías metálicas deben estar protegidas contra la agresión de todo tipo de morteros, del contacto con el agua en su superficie exterior y de la agresión del terreno mediante la interposición de un elemento separador de material adecuado e instalado de forma continua en todo el perímetro de los tubos y en toda su longitud, no dejando juntas de unión de dicho elemento que interrumpan la protección, e instalándolo igualmente en todas las piezas especiales de la red, tales como codos y curvas.

Los revestimientos adecuados, cuando los tubos discurren enterrados o empotrados, serán:

- Para tubos de acero, revestimiento de polietileno, bituminoso, de resina epoxídica o con alquitrán de poliuretano.
- Para tubos de cobre, revestimiento de plástico.
- Para tubos de fundición, revestimiento de película continua de polietileno, de resina epoxídica, con betún, con láminas de poliuretano o con zincado con recubrimiento de cobertura.

Actualmente en las instalaciones de distribución de agua de consumo pueden encontrarse algunos de los siguientes materiales:

MATERIALES

CONDUCCIONES	ACOMETIDAS	JUNTAS	REVESTIMIENTOS
<ul style="list-style-type: none"> - Acero galvanizado - Acero inoxidable - Amiantocemento - Bronce - Cemento - Fibrocemento - Fundición dúctil - Fundición gris - Hormigón prensado - Hormigón armado - Hormigón en masa - Plomo - Policloruro de vinilo (PVC) - Poliéster - Polietileno (PE) - Polietileno reticulado - Otro 	<ul style="list-style-type: none"> - Acero galvanizado - Acero inoxidable - Amiantocemento - Bronce - Fibrocemento - Fundición dúctil - Fundición gris - Hierro - Hormigón armado - Hormigón en masa - Hormigón prensado - Plomo - Polietileno - Polietileno reticulado - PVC - Teflón - Otro 	<ul style="list-style-type: none"> - Amianto - Calcio - Cáñamo - Caucho natural - Estaño - Fibrocemento - Goma - Hierro fundido - Hormigón - Latón - Plomo - Teflón - Zinc - Otros 	<ul style="list-style-type: none"> - Acero inoxidable - Alquitrán - Arena - Barnices - Cemento - Fibrocemento - Hierro fundido - Piedra - Resinas - Zinc metálico - Otros

* Actualmente no está permitido la utilización de fibrocemento ni de amiantocemento.

Tabla 7 - Materiales de instalaciones de distribución.

A continuación se describen los materiales que componen las instalaciones actuales, algunos de ellos, aunque están todavía presentes en los sistemas de distribución realizados en el pasado, ahora está prohibido utilizarlos en la construcción de las nuevas instalaciones.

MATERIALES PERMITIDOS

PLÁSTICO (PVC Y PE)	HORMIGÓN ARMADO Y PRETENSADO
<p>Básicamente se utilizan dos tipos de plásticos: el polietileno (PE) y el policloruro de vinilo (PVC), siendo este segundo material más apto para trabajar con presiones altas.</p> <p>Ventajas</p> <ul style="list-style-type: none"> - Su rugosidad es muy baja. - Resistencia a terrenos agresivos. - Muy manejable por su bajo peso. <p>Inconvenientes</p> <ul style="list-style-type: none"> - Alta deformidad ante cargas externas - Soportan mal las grandes oscilaciones de temperatura. 	<p>En este tipo de conducciones, la armadura metálica, resulta imprescindible para absorber los esfuerzos de tracción generados por la presión interior del agua.</p> <p>Ventajas</p> <ul style="list-style-type: none"> - Alta resistencia a cargas externas e internas - Alta resistencia a presiones negativas. <p>Inconvenientes</p> <ul style="list-style-type: none"> - Difícil manipulación y transporte por su elevado peso.

FUNDICIÓN DÚCTIL

Este material ha resuelto en buena medida los inconvenientes de la fundición gris, que presenta elevada fragilidad y vulnerabilidad ante la corrosión. Es más elástico y por lo tanto menos frágil y, aunque es fácilmente oxidable por su elevado contenido en carbón, gracias a los revestimientos eficaces, queda solucionado este problema.

Ventajas

- Elevada resistencia y baja fragilidad.
- Fácil mecanización.
- Resistencia muy elevada a presiones interiores.

Inconvenientes

- Vulnerabilidad a la corrosión

ACERO

El acero es una aleación de hierro con carbono, que contiene otros elementos que garantizan su dureza y maleabilidad. Se aconseja revestirlo para evitar corrosiones.

Ventajas

- Coste de implantación relativamente bajo.
- Baja fragilidad.
- Alta resistencia a presiones.

Inconvenientes

- Alto riesgo de corrosión externa

ACERO INOXIDABLE

El acero inoxidable tiene mayor calidad y cualidades anticorrosivas que el acero, ya que contiene no menos de un 11% de cromo, que al reaccionar con el oxígeno forma una capa protectora que da origen a su característica de inoxidable, evitando así sufrir la corrosión del hierro

Ventajas

- No sufre corrosión.

MATERIALES PROHIBIDOS

AMIANTO CEMENTO

Está prohibido el uso del amianto debido a sus efectos nocivos para el organismo de los seres humanos. Sus reiteradas asociaciones con casos de cáncer como de otras patologías tornó al amianto en un material peligroso. El uso de amianto está ahora prohibido en la Unión Europea, pero sigue habiendo gran cantidad de este material en el entorno, lo que significa que aún puede producirse la exposición al mismo.

Ventajas

- Fácil manipulación y mecanización.
- Buena resistencia ante terrenos agresivos
- Bajo costo.

Inconvenientes

- Fragilidad a roturas por flexión.
- Alta toxicidad.

PLOMO

La tendencia hoy en día es a la eliminación de plomo como componente de tuberías, debido a los problemas sanitarios que pueden surgir por el aporte de parte de este elemento al agua, y se ha llegado a plantear la sustitución de las tuberías de plomo todavía existentes. En cualquier caso, nunca deberá utilizarse este elemento en instalaciones de nueva construcción.

Inconvenientes

- Posibles problemas sanitarios.

FIBROCEMENTO

Los tubos de fibrocemento son aptos para ambientes salinos y admiten caudales circulantes a altas velocidades sin presentar abrasiones. Las uniones son articuladas, las aguas con pH <6 solo atacan la piel interior de las conducciones y se fabrican diferentes accesorios (codos, té, cruces etc.). Actualmente está prohibido su empleo por razones sanitarias.



7 PUNTOS CRÍTICOS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

• GOLPE DE ARIETE

Se llama golpe de ariete a una modificación de la presión en una conducción debida a la variación del estado dinámico del líquido.

En las paradas de las bombas, en el cierre de las válvulas, etc., se produce esta variación de la velocidad de la circulación del líquido conducido en la tubería.

La fuerza de inercia del líquido origina, tras el cierre de válvulas, unas depresiones y presiones debidas al movimiento ondulatorio de la columna líquida, hasta que se produzca el paro de toda la masa líquida. Las depresiones o sobrepresiones empiezan en un valor máximo al cierre de válvulas o parada del motor y va disminuyendo hasta el final, en que desaparecerán, quedando el fluido estático.

En el valor del golpe de ariete influirán varios factores, tales como la velocidad del tiempo de parada, que a su vez puede ser el cierre de la válvula de compuerta o el paro del motor. Otros factores serían: la velocidad del agua dentro de la conducción, el diámetro de la tubería, etc.

Para evitar este incremento del golpe de ariete o sobrepresión creada, se instalan varios elementos como: válvulas de retención, calderines de aire, chimeneas de equilibrio, válvulas antiarriete, etc.

• CORROSIÓN

La corrosión es el proceso de oxidación sobre las tuberías metálicas (especialmente en las de acero galvanizado) como consecuencia del contacto permanente con agua, sobre todo en uniones y juntas. Las instalaciones de polipropileno y polietileno no son afectadas por la corrosión.

Este es un problema difícil de evitar y, por tanto, lo importante es observar el cuidado necesario durante la ejecución de la instalación, ya que ciertos metales presentan incompatibilidades, como el cobre y el acero, que si están en contacto la corrosión avanzará en poco tiempo.

MATERIAL	RESISTENCIA A LA CORROSIÓN	CONTAMINACIÓN POTENCIAL
COBRE	Con agua blanda y pH bajo, o presencia de oxígeno disuelto o de cloro en el agua, hay peligro de corrosión.	Cobre
PLOMO	Sufre corrosión en aguas blandas con bajo pH.	Plomo, arsénico y cadmio

MATERIAL	RESISTENCIA A LA CORROSIÓN	CONTAMINACIÓN POTENCIAL
ACERO	Sufre corrosión uniforme, particularmente con altos niveles de oxígeno disuelto.	Hierro, que aumenta la turbidez y trasfiere color rojo al agua.
HIERRO DÚCTIL	Aguas duras pueden causar erosión superficial.	Hierro, que aumenta la turbidez y trasfiere color rojo al agua.
HIERRO GALVANIZADO	Aguas duras pueden causar la corrosión del zinc.	Hierro y zinc
ASBESTO-CEMENTO	Buena resistencia a la corrosión. Aguas duras pueden causar lixiviación del calcio del cemento.	Fibras de asbesto
PLÁSTICO	Resistente a la corrosión.	-

Tabla 8 - Resistencia a la corrosión de los materiales utilizados en los elementos estructurales

• INCRUSTACIONES

En ciertos puntos de la instalación donde la velocidad es menor o en tuberías de agua caliente, las sales minerales que están en suspensión precipitan formando incrustaciones en las paredes internas de las tuberías, disminuyendo u obturando su sección y agarrotando los mecanismos.

Dependiendo de la zona de donde proceda el agua, estos contenidos de sales varían considerablemente. En zonas con aguas con gran contenido de cal (agua dura), se efectúan periódicamente lavados interiores para desincrustar las acumulaciones de cal.

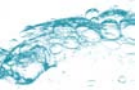
Para comprobar la tendencia del agua a la incrustación se determina el índice de Langelier, que mide la diferencia entre el pH medido de un agua y su pH de saturación.

$$i_L = \text{pH}_m - \text{pH}_s$$

donde:

pH_m : pH medido experimentalmente.

pH_s : pH de saturación o equilibrio.



TRANSFERENCIA DE PRODUCTOS NO SALUDABLES AL AGUA

Ciertos materiales al estar en contacto con el agua, le transfieren ciertas sustancias que son peligrosos para la salud.

- **Epiclorhidrina:** es un producto carcinógeno. Se utiliza en la fabricación de resinas epoxídicas y fenólicas, en síntesis orgánicas y en la industria del caucho como solvente. Su presencia en el agua puede deberse al polímero utilizado como floculante en el tratamiento del agua y/o al material utilizado para revestir las cañerías.
- **Cloruro de vinilo:** es carcinógeno. Es el monómero del *cloruro de polivinilo (PVC)* y de otros polímeros. Su presencia puede deberse al polímero utilizado como floculante en el tratamiento del agua y/o al material polimérico utilizado para las conducciones y depósitos de agua.
- **Plomo, cobre, cromo, níquel y hierro:** son elementos metálicos más o menos tóxicos. Todos estos metales pueden formar parte de canalizaciones, tuberías, depósitos, válvulas, juntas, grifos, etc., por lo que deben ser investigados, tanto en el agua distribuida, como en el agua del grifo del consumidor. El *plomo* es un metal acumulativo de gran toxicidad, por lo que debe ser eliminado por completo de los sistemas de abastecimiento y de las instalaciones interiores de los inmuebles. Los otros elementos metálicos son tóxicos en menor medida. El *cobre* se utiliza mucho en las cañerías domésticas, si es de buena calidad y se efectúa un control adecuado, el cobre no representa problema.
- **Antimonio:** es un metal pesado tóxico y puede ser igualmente un contaminante causado por factores propios del ambiente geológico. A dosis altas es letal y a pequeñas dosis puede alterar la composición química de la sangre. Cabe señalar que la utilización de soldaduras de antimonio-estaño pueden constituir una importante fuente de contaminación de antimonio en el agua.
- **Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs):** son sustancias cancerígenas. El principal representante de este grupo es el *benzo(a)pireno*, proveniente principalmente del alquitrán de hulla, usado como recubrimiento de cañerías, que actualmente está prohibido.



Glosario



Glosario

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.

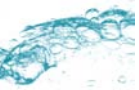
Acometida: tubería que enlaza la instalación general del edificio con la red exterior de suministro.

Aguas de transición: masas de agua superficial próximas a las desembocaduras de los ríos que son parcialmente salinas como consecuencia de su proximidad a las aguas costeras, pero que reciben una notable influencia de flujos de agua dulce.

Ascendentes (o montantes): tuberías verticales que enlazan el distribuidor principal con las instalaciones interiores particulares o derivaciones colectivas.

Baricentro: centro de gravedad.

Captación: toma de agua destinada a la producción de agua de consumo humano. Las captaciones pueden ser de aguas superficiales, subterráneas, o de agua de mar. Por ejemplo: un pozo, un embalse, un tramo de río, etc. Las captaciones deben estar protegidas y señalizadas legalmente.



Conducción: infraestructura para transportar el agua entre dos lugares.

Coquilla: cubierta polimérica o de otro tipo de material aislante térmico, que se coloca abrazando tubos de conducción de fluidos en instalaciones de frío o calor. Su función es mejorar la eficiencia energética de las instalaciones, evitando pérdidas de energía.

Fluxor: llave, temporizada, de cierre automático que al ser abierta es capaz de proporcionar un caudal de agua abundante en un breve periodo de tiempo, empleada generalmente para sustituir el depósito de descarga en los inodoros y otros aparatos empleados en servicios de uso público.

Punto de entrega: infraestructura virtual que se corresponde con el lugar donde un gestor de una parte del abastecimiento entrega el agua al gestor de la siguiente parte del mismo o al consumidor

Purgado: consiste en eliminar o evacuar el aire de las tuberías de la instalación.

Recarga de un acuífero: proceso por el cual se aporta agua del exterior a la zona de saturación de un acuífero, bien directamente a la misma formación o indirectamente a través de otra formación.

Red de distribución: conjunto de conducciones diseñadas para la distribución del agua de consumo humano desde la ETAP hasta la acometida del usuario.

Tubo: elemento recto de sección circular y hueco, que constituye la mayor parte de la tubería.

Valor Paramétrico: el nivel máximo o mínimo fijado para cada uno de los parámetros físicos, químicos o microbiológicos incluidos en la legislación vigente para el control de la calidad del agua de consumo humano.

Zona de abastecimiento: área geográficamente definida y censada por la autoridad sanitaria a propuesta del gestor del abastecimiento o partes de éste, 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.



Bibliografía



Bibliografía

- ARVIZA VALVERDE, J.; BALBASTRE PERALTA, I. Ingeniería Rural: Hidráulica. Universidad Politécnica de Valencia. 2002.
- BARRAQUE, CH. Manual técnico del agua.. Ed. Degremont. 1979.
- BRIKKÉ, F. Operation and Maintenance of rural water supply and sanitation systems. A training package for managers and planners. World Health Organization. 2000.
- CABRERA, E.; ESPERT, V.; GARCÍA-SERRA, J.; MARTÍNEZ, F. Ingeniería hidráulica aplicada a los sistemas de Distribución de agua Volumen I,II. Grupo de Mecánica de Fluidos. Universidad Politécnica de Valencia. 1996.
- CÁNEPA DE VARGAS, L.; MALDONADO, V.; BARRENECHEA, A.; AURAZO, M. Tratamiento de agua para consumo humano: Plantas de filtración rápida. Ed. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS). Lima. 2004.
- DE LUCAS BLANCO, M. Estaciones de tratamiento de aguas potables. Máster en ingeniería y gestión medioambiental. 2008.
- Red CYTED VIII-G. Eliminación de Contaminantes por Fotocatálisis Heterogénea. Ed. Miguel A. Blesa. 2001.
- GRAY N.F. Calidad del agua potable. Problemas y soluciones. Ed. Acribia, S.A. 1996.
- GRUPO TAR. Tratamiento de potabilización del agua TAR innova. Tecnología ambiental. Escuela Universitaria Politécnica de Sevilla.
- HENRY, J. G. ; Heinke, G. W. Ingeniería ambiental. Ed. Pearson Educación. 1999.
- LÓPEZ GETA, J.A.; MEJÍAS MORENO, M. Las aguas salobres. Una alternativa al abastecimiento en regiones semiáridas. Instituto Geológico y Minero España.



- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. Libro Blanco del agua. 2000.
- MARGARIT, A.; GUERRÉE, H.; GOMELLA, C. La distribución del agua en las aglomeraciones urbanas y rurales. Reverte. 1982.
- MILLOT, J. Estimation de la présence de trihalométhanes dans l'eau potable par différentes approches de modélisation. Thesis. Université Laval. Québec, Canada. 1999.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. SECRETARÍA DE ESTADO DE AGUAS Y COSTAS. DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS HIDRÁULICAS Y CALIDAD DE LAS AGUAS. Libro Blanco del Agua. Secretaría general Técnica Ministerio de Medio Ambiente. 2000.
- OLMEDO SÁNCHEZ, M.T. Subproductos de la desinfección del agua por el empleo de compuestos de cloro. Efectos sobre la salud. Higiene y Sanidad Ambiental, 8:335-342. 2008.
- ONU/WWAP. 1er Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo: Agua para todos, agua para la vida. París, Nueva York y Oxford. UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura) y Berghahn Books. 2003.
- RODRÍGUEZ, M. J.; RODRÍGUEZ, G.; SERODES, J.; SADIQ, R. Subproductos de la desinfección del agua potable: formación, aspectos sanitarios y reglamentación. Revista interciencia. VOL.32 N°11. 2007.
- RODRÍGUEZ, S.; KÖPKE, E. Los medios filtrantes en el proceso de desalación. I Congreso Nacional AEDyR.
- SOLSONA, F.; MÉNDEZ, J.P. Desinfección del agua. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Organización Panamericana de la Salud. Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud. 2002.
- USEPA (United States Environmental Protection Agency). Guidance manual. Alternative disinfectants and oxidants, office of water, EPA. 1999.
- VALERO, A.; UCHE, J.; SERRA, L. La desalación como alternativa al PHN. Centro de investigación de Recursos y Consumos Energéticos (CIRCE), Universidad de Zaragoza. 2001.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION, PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION. Guías para la calidad del agua potable. American Health Org. 1985.

Páginas web consultadas:

- <http://www.iem.csic.es/>
- www.salud.jcyl.es
- <http://www.epa.gov>
- www.tecnociencia.es
- <http://www.epa.gov/safewater>
- <http://aulavirtual.usal.es>
- <http://www.msc.es>
- <http://www.who.int/es/>
- <http://www.insht.es>