

INTRODUCCIÓN

Bajo la denominación de *Infraestructuras Hidráulico-Sanitarias* pueden agruparse todas aquellas materias relacionadas con el abastecimiento de agua y el saneamiento. En los planes de estudio conducentes a la obtención del título de Graduado en Ingeniería Civil, estas materias suelen venir organizadas en asignaturas que se designan con nombres tan clásicos como *Ingeniería Sanitaria*, *Abastecimiento* y *Saneamiento*, etc., según las diferentes especialidades o itinerarios en los que se estructuran dichos planes, pero, en definitiva, prácticamente coincidentes en cuanto a sus contenidos.

Aunque tanto el sistema de abastecimiento como el de saneamiento, al ser partes integrantes del ciclo hídrico, mantienen evidentes interrelaciones, la problemática y características propias de cada uno de ellos aconsejan su estudio de manera individualizada. De hecho, este texto representa una primera entrega, dedicada específicamente al abastecimiento y distribución de agua, que tiene continuidad en una segunda, en la que se aborda el saneamiento y drenaje urbano.

Este libro se plantea como texto docente, siendo su única pretensión la de servir como base de aprendizaje de la Ingeniería Sanitaria a los alumnos de la carrera de Ingeniería Civil. A tal fin, el libro cubre el programa de ésta y otras asignaturas afines, compilando buena parte de los libros, guías técnicas, normativa, etc. escritos sobre la materia. Asimismo, se incluyen reseñas de catálogos comerciales.

Las citas al pie de las figuras ilustrativas sirven de guía y referencia para localizar la fuente de información específica del tema tratado, de entre la bibliografía que se relaciona al final del libro. Dicha bibliografía, utilizada para la elaboración del mismo, constituye una muestra representativa de la mejor literatura especializada y a la cual, en todo caso, deberá recurrir el alumno para ampliar y profundizar en la temática concreta contextualizada.

Estructurado a modo de manual, el libro consta de ocho capítulos, que se sintetizan subsiguientemente.

En el *capítulo primero* se exponen unas generalidades sobre el abastecimiento de agua, sus factores condicionantes y problemas asociados, la

estructura de un sistema integral hidráulico-sanitario y, dentro de él, la del sistema de abastecimiento de agua y sus partes fundamentales. Finalmente, se dan una serie de definiciones sobre conceptos que se tratan a lo largo del texto y el sistema de unidades que se va a emplear.

En el *capítulo segundo* se repasan, sucintamente, los conceptos fundamentales de la hidráulica del flujo en presión, en cuanto que, normalmente, es el régimen de funcionamiento propio de las redes de distribución, y las ecuaciones fundamentales del régimen permanente de este tipo de flujo.

En el *capítulo tercero* se aplican al dimensionamiento hidráulico de tuberías los principios y conceptos expuestos en el capítulo anterior.

El *capítulo cuarto* se centra en las redes de distribución de agua, haciendo extensivos los fundamentos enunciados en los dos capítulos anteriores. Se divide este capítulo en dos partes: una primera dedicada al análisis de redes, en la que se formulan los sistemas de ecuaciones que modelizan el comportamiento de las redes, y una segunda que trata sobre el diseño, en donde se plantea el dimensionamiento de redes ramificadas y malladas.

El *capítulo quinto* se refiere al cálculo de los caudales de diseño de redes de distribución, de acuerdo con las necesidades de agua para satisfacer los diferentes usos urbanos; se definen y evalúan conceptos tales como el periodo de proyecto, la dotación, el caudal punta, etc. Asimismo, se formulan diversos modelos de evolución demográfica para estimar la población futura de la zona de estudio.

El *capítulo sexto* versa sobre las cuestiones fundamentales a considerar en el proyecto de una red de distribución. Así, se abordan aspectos tales como la tipología de redes, sus elementos constituyentes, los datos de partida para el diseño y algunas recomendaciones de carácter general sobre el trazado de redes.

El *capítulo séptimo* trata sobre el dimensionamiento mecánico de tuberías. Para ello, se exponen diferentes criterios de clasificación de los tubos en función de su resistencia mecánica, se exponen los tipos de instalaciones de la tubería y los sistemas de apoyo, se detallan las acciones e hipótesis a considerar en el cálculo y se examinan los métodos en cálculo más utilizados para el dimensionamiento de la tubería.

Finalmente, en el *capítulo octavo* se explica todo el proceso de instalación de la tubería, abarcando desde la salida de la fábrica de los tubos, hasta las pruebas y puesta en servicio de la conducción, haciendo un recorrido a través de las diferentes fases de la ejecución de la obra.

Alicante, enero de 2013

Arturo Trapote Jaume

Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

1. GENERALIDADES

1.1. EL ABASTECIMIENTO DE AGUA

Se entiende por *abastecimiento de agua* el conjunto de obras e instalaciones que tienen por finalidad satisfacer las necesidades de agua de una comunidad, tanto desde un punto de vista cuantitativo como cualitativo.

El objetivo del abastecimiento será, por tanto, hacer llegar el agua desde el lugar o lugares donde se encuentra el recurso (fuentes de abastecimiento) hasta los puntos de consumo (suministro).

Para el cumplimiento de ese objetivo, un sistema de abastecimiento de agua se compone, en general, de las siguientes fases o etapas (Figura 1.1):

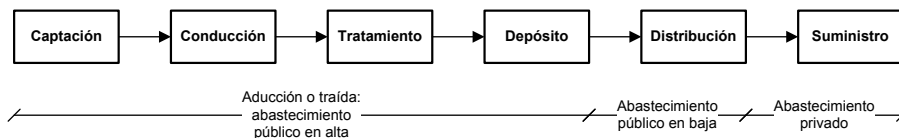


Figura 1.1. Fases o etapas de un sistema de abastecimiento de agua.

- **Captación.**– Obtención el agua procedente de diversas fuentes (superficial, subterránea, marina, reutilización, etc.), mediante las correspondientes técnicas de toma.
- **Conducción.**– Transporta el agua captada hasta la estación de tratamiento y desde ésta al depósito regulador, generalmente llamado de cabecera. La conducción del agua puede realizarse en lámina libre (canales de traída), en presión (conducción en alta) o en forma mixta.
- **Tratamiento.**– Acondiciona el agua al uso requerido (urbano, agrario, industrial, recreativo o ambiental). El tratamiento no tiene por qué ser necesaria o exclusivamente de potabilización. A este tenor, se estará a lo dispuesto en la siguiente normativa:

- *REAL DECRETO 140/2003, de 7 de Febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano* (transposición de la Directiva 98/83/CE).
- *REAL DECRETO 1620/2007, de 7 de Diciembre, por el que se establece el régimen jurídico de la reutilización de las aguas depuradas.*
- **Depósito.**– Almacena y regula (cantidad y/o presión) los caudales de agua de abastecimiento.
- **Distribución.**– Conduce los caudales de agua desde el(los) depósito(s) hasta el inicio de los puntos de consumo (red de distribución).
- **Suministro.**– Reparto a los usuarios finales de los caudales requeridos. En un abastecimiento de agua a una población, correspondería a las redes interiores de los edificios y viviendas.

Al conjunto Captación-Conducción-Tratamiento-Depósito se le suele denominar *aducción* (del latín *adductio*, acción de atraer) o *traída*, con lo que los sistemas de abastecimiento de agua quedan determinados por tres ámbitos de características específicas propias:

- a. Aducción → abastecimiento público en alta
- b. Distribución → abastecimiento público en baja
- c. Suministro → abastecimiento privado

La clasificación del abastecimiento en alta y en baja tiene relación no sólo con los caudales transportados (caudal medio en alta y caudal máximo o punta en baja), sino, y principalmente, con los niveles máximos de presión admisibles en cada uno de ellos.

Así, el abastecimiento en baja está pensado para la distribución de agua dentro del núcleo urbano (red de distribución), por lo que existen restricciones de presiones máximas en torno a los 6 kg/cm², mientras que en el caso del abastecimiento en alta (aducción) estas presiones pueden verse ampliamente superadas.

1.2. FACTORES CONDICIONANTES DEL ABASTECIMIENTO DE AGUA

El abastecimiento de agua está condicionado por tres factores básicos:

- La **cantidad** de agua que necesitarán los usuarios para satisfacer sus necesidades.
- La **calidad** necesaria para servir a los usos previstos con plenas garantías sanitarias.

- El **emplazamiento** de esta cantidad de agua, con la calidad requerida, en los puntos de consumo.

1.2.1. Problemas relacionados con la cantidad

Los problemas relacionados con la cantidad de agua necesaria para un abastecimiento son, fundamentalmente, dos:

- Su evaluación, es decir, determinar en un momento dado las necesidades de agua de una cierta comunidad, así como su variación con el tiempo.
- Su localización, es decir, el lugar o lugares donde se encuentra esta cantidad de agua disponible para el abastecimiento.

a) Evaluación de las necesidades

La evaluación de las necesidades de agua a una cierta población es, en general, un problema muy complejo, ya que depende de muchos factores entre los que destacan:

- El número de consumidores, clasificados según su tipo: doméstico, comercial, agrícola, industrial o público.
- Las necesidades de cada consumidor, que dependerán, en general, de su actividad en relación con la clasificación anterior.

No es fácil conocer las necesidades reales de cada consumidor, ya que, en general, ni ellos mismos pueden precisarlas con exactitud, pues a su vez, son función de otro gran número de variables como el día, la hora, las condiciones climatológicas, etc.

El problema se agrava si se tiene en cuenta que en todo abastecimiento se producen unas pérdidas, es decir, que unas ciertas cantidades de agua han de ser suministradas, pero que nunca serán utilizadas (evaporación, fugas, filtraciones, etc.). Además, estas pérdidas dependen a su vez de otros nuevos factores como el estado de la red de distribución, recorrido al aire libre, temperatura ambiente, etc. Más aún, habrá que contar con los derroches que, por diversas causas van a producirse en esta comunidad.

Aún más difíciles se ponen las cosas, si se considera que una obra de abastecimiento no se diseña para resolver las necesidades actuales, sino que debe tener un cierto periodo de validez. Es decir, debe resolver el problema durante un cierto periodo de tiempo. Por tanto, esta evaluación de necesidades debe hacerse no para el momento actual, sino para un momento futuro, cuya diferencia en tiempo con el día de hoy será de nuevo función de otra

serie de variables (selección de inversiones, capitalización, inversiones alternativas, etc.).

Otra nueva dificultad se añade si se considera que en dicho momento futuro no se conocen ni el número de consumidores que habrá, ni sus necesidades.

No obstante, el proyecto de un abastecimiento de agua potable es, en general, poco sensible a pequeños errores en esta evaluación. Ello permite (salvo casos particulares y concretos especialmente delicados) recurrir a hipótesis simplificadoras que conducen a modelos sencillos, como más adelante se verá.

b) Localización de los recursos

Una vez resuelto el problema de la evaluación de las necesidades, el siguiente paso consiste en estudiar el lugar o lugares donde está disponible este recurso en la cantidad fijada.

Estos recursos proceden fundamentalmente de uno o varios de los siguientes grupos:

- Aguas superficiales (ríos, lagos, embalses).
- Aguas subterráneas (acuíferos, corrientes).
- Otros (reutilización de aguas depuradas, desalación de aguas salobres, desalinización de agua de mar).

Cuando existan, como es frecuente, varios recursos alternativos, será necesario decidir cuál de ellos deberá utilizarse en el problema concreto de que se trate. Los criterios fundamentales que deben seguirse son los siguientes:

- Cercanía al punto de destino, que incidirá favorablemente en la economía del transporte del agua.
- Calidad del agua en origen, que incidirá de forma determinante sobre los costes de potabilización y tratamiento.
- Seguridad en el suministro, relacionada con las fluctuaciones estacionales, tanto de la cantidad de recurso como de su calidad, así como la influencia de condicionantes meteorológicos, geológicos, etc. Frecuentemente, puede ser necesario almacenar parte del recurso excedente en ciertas épocas del año, para compensar la escasez en otras (*regulación*).
- Facilidad de extracción y/o captación, que influirá, lógicamente, en los costes del proyecto.

- Topografía de la zona, que permitirá o no conducirla por gravedad a su punto de consumo, así como conducirla mediante obras más o menos sencillas.
- Posibilidad de ampliación, que permitirán o no resolver el problema a más largo plazo del previsto inicialmente por el estudio.

1.2.2. Problemas relacionados con la calidad

Una vez elegido el recurso que habrá de utilizarse para el suministro, ocurrirá que, en general, no cumplirá las normas mínimas de calidad exigidas, por lo que será necesario recurrir a una serie de tratamientos que transformen estas aguas hasta alcanzar esa calidad mínima.

Los principales problemas relacionados con la calidad son los siguientes:

- La variabilidad de la calidad del agua en origen, que puede estar producida por variaciones climatológicas (estacionales o no) y por circunstancias externas (contaminaciones permanentes o temporales).
- La elección de los tratamientos necesarios para la modificación del agua hasta alcanzar la calidad necesaria. Estos tratamientos deben ser lo suficientemente flexibles para adaptarse a las variaciones de calidad previsibles del agua en origen.
- El control de la calidad, tanto en la recepción como en la salida de la estación de tratamiento.
- El tratamiento de fangos, subproducto indeseable de una estación de tratamiento.

1.2.3. Problemas relacionados con el emplazamiento final del agua

La distinta situación geográfica de los puntos de origen y consumo del agua de un abastecimiento plantea un problema que es básicamente de transporte. La tradición histórica de este tipo de infraestructura sugiere un transporte en lámina libre (canales de traída). No obstante, en la actualidad predomina el uso de Conducciones en presión (abastecimiento en alta). Aunque no de forma exclusiva, estas Conducciones principales del sistema se construyen con materiales de cierta rigidez, como pueden ser el acero, la fundición, el hormigón armado o pretensado y el poliéster reforzado con fibras de vidrio (PRFV).

Asimismo, ligados con el problema fundamental del transporte, existen otros secundarios (pero importantes). Así, sucede frecuentemente que el punto de origen suele ser único, pero no ocurre lo mismo con el punto de consumo, que está formado por un conjunto muy diverso, si bien situados

muy próximos entre sí. Esto obliga a considerar la distribución entre estos puntos como un problema específico e independiente.

Por otra parte, los consumos no son constantes en el tiempo sino que fluctúan según la hora, día de la semana, época del año e incluso con el transcurso de los años, al ir variando el número y las necesidades de los usuarios. Esta circunstancia obliga a realizar un cierto almacenamiento del producto, que permita atender los consumos punta con una instalación prevista para consumos medios. Este almacenamiento resulta también aconsejable en cuanto que permite realizar operaciones de reparación o mantenimiento sin interrumpir el suministro.

1.3. ESTRUCTURA DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA

El sistema de abastecimiento de agua forma parte de otro de mayor rango, o supra-sistema, que podemos denominar Sistema Integral Hidráulico-Sanitario (Figura 1.2).

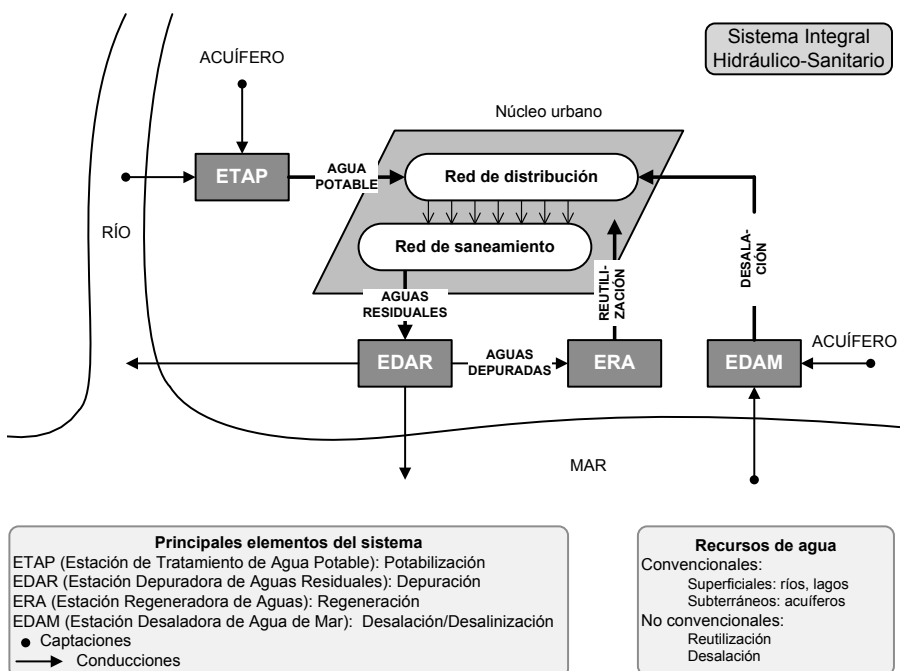


Figura 1.2. Esquema del Sistema Integral Hidráulico-Sanitario.