



Título del Trabajo Fin de Máster:

***ANÁLISIS Y ESTRUCTURACIÓN DE LOS  
SISTEMAS DE INFORMACIÓN DE UN  
EXPLOTADOR DE ABASTECIMIENTOS  
URBANOS DE AGUA POTABLE: UN  
ENFOQUE CENTRADO EN LA GESTIÓN  
PATRIMONIAL DE  
INFRAESTRUCTURAS***

Intensificación:

***HIDRÁULICA URBANA***

Autor:

***DEL OLMO GARCÍA, ANTONIO***

Director/es:

***DR. CABRERA ROCHERA, ENRIQUE***

Fecha:

**SEPTIEMBRE, 2014**



Título del Trabajo Fin de Máster:

**ANÁLISIS Y ESTRUCTURACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN DE UN EXPLOTADOR DE ABASTECIMIENTOS URBANOS DE AGUA POTABLE: UN ENFOQUE CENTRADO EN LA GESTIÓN PATRIMONIAL DE INFRAESTRUCTURAS**

Autor: **DEL OLMO GARCÍA, ANTONIO**

<b>Tipo</b>	A <input checked="" type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/>	<b>Lugar de Realización</b>	<b>VALENCIA</b>
<b>Director</b>	<b>CABRERA ROCHERA, ENRIQUE</b>	<b>Fecha de Lectura</b>	<b>SEPTIEMBRE, 2014</b>
<b>Codirector1</b>			
<b>Codirector2</b>			
<b>Tutor</b>			

**Resumen:**

*La multitud de soluciones desacopladas que el mercado actual ofrece a las empresas concesionarias de servicios de abastecimiento urbano de agua potable, pueden llegar a convertirse en un problema para los gestores del servicio. Dichas soluciones suelen ser grandes consumidoras de recursos – económicos, humanos y materiales –, no ordenan los datos recogidos e incluso traban el proceso conversión de dichos datos en información útil para usuarios, operarios, técnicos y gestores. El problema se acentúa aún más en los pequeños municipios, con menores posibilidades de especialización e incapaces de asumir los costes asociados a las infraestructuras necesarias para dichos sistemas. A menudo se recurren a soluciones incompletas que se alejan de los altos estándares de calidad que requiere un servicio público de tamaño importancia, vital para el desarrollo humano, social y económico de una población.*

*Con el auge de la Gestión Patrimonial de Infraestructuras en los últimos años, las carencias de los sistemas tradicionales se han vuelto más evidentes. No existen inventarios completos de los elementos de las redes, no hay coordinación entre los sistemas de información geográfica y los modelos matemáticos, las bases de datos almacenan información inconsistente, etc. En estas circunstancias, el análisis, previsión futura de necesidades y planificación de las redes urbanas de abastecimiento de agua potable se convierte en una tarea complicada.*

*El presente trabajo tiene como objetivo fundamental el hacer frente a esta compleja realidad, analizando las necesidades del prestador del servicio de un abastecimiento de agua y estructurando sus sistemas de información para garantizar una gestión eficaz y eficiente, además de contribuir de manera decisiva a elevar los estándares de calidad del servicio.*

*En esta línea, los sistemas de información de la empresa se han organizado en cinco grandes bloques: el inventario de componentes, la base de datos de abonados, el servicio de atención al cliente, el sistema de información geográfica y el sistema de telecontrol de las infraestructuras. La organización adoptada y la visión holística de sistema que proporciona la GPI confieren una enorme fiabilidad al proceso de diseño, respetando los principios de mejora continua de toda organización y sentando las bases para su futura implementación.*



### **Resum:**

*La multitud de solucions desacoblades que el mercat actual ofereix a les empreses concessionàries de serveis d'abastiment urbà d'aigua potable, pot aplegar a convertir-se en un problema per als gestors del servei. Eixes solucions solen ser grans consumidores de recursos –econòmics, humans i materials-, no ordenen les dades recollides e inclús dificulten el procés de conversió d'eixes dades en informació útil per a usuaris, operaris, tècnics i gestors. El problema s'accentua encara més en els xicotets municipis, amb menors possibilitats d'especialització i incapaços d'assumir els costos associats a les infraestructures necessàries per a aquests sistemes. Sovint es recorre a solucions incompletes que s'allunyen dels alts estàndards de qualitat que requereix un servei públic d'aquesta importància, vital per al desenvolupament humà, social i econòmic d'una població.*

*Amb l'augment de la Gestió Patrimonial d'Infraestructures als últims anys, les carències dels sistemes tradicionals s'han fet més evidents. No existeixen inventaris complets dels elements de les xarxes, no hi ha coordinació entre els sistemes d'informació geogràfica i els models matemàtics, les bases de dades almacenen informació inconsistent, etc. En aquestes circumstàncies, l'anàlisi, previsió futura de necessitats i planificació de les xarxes urbanes d'abastiment d'aigua potable es converteix en una feina complicada.*

*El present treball té com a objectiu fonamental fer front a aquesta complicada realitat, analitzant les necessitats del prestador del servei d'un abastiment d'aigua i estructurant els seus sistemes d'informació per garantir una gestió eficaç i eficient, a més de contribuir d'una manera decisiva a elevar els estàndard de qualitat del servei.*

*En aquesta línia, els sistemes d'informació de l'empresa s'han organitzat en cinc grans blocs: l'inventari de components, la base de dades d'abonats, el servei d'atenció al client, el sistema d'informació geogràfica i el sistema de telecontrol de les infraestructures. L'organització adoptada i la visió holística de sistema que proporciona la GPI confereixen una enorme fiabilitat al procés de disseny, respectant els principis de millora continua de tota organització i posant les bases per a la seua futura implementació.*

### **Abstract:**

*The multiple and decoupled solutions that the current market offers to water service providers is becoming a problem for service managers. Such solutions tend to be large consumers of resources - financial, human and material -, do not organize the collected data and even hinder the conversion of data into useful information for users, operators, technicians and managers. The problem is further noticeable in small municipalities, with fewer possibilities of specialization and unable to bear the costs of the infrastructure required for such systems. They often turn to incomplete solutions which are far from the high quality standards required by a public service of such importance, vital for the human, social and economic development of a population.*

*With the recent growth of Infrastructure Asset Management, the shortcomings of traditional systems have become more evident. There is no complete inventory of network elements, no coordination between GIS and mathematical models, databases store inconsistent information, etc. In these circumstances, analysis, forecast of future needs and planning of urban water networks becomes a complicated task.*

*This paper's main objective is to address this complex reality, analyzing the needs of a water supply service provider and structuring their information systems to ensure an effective and efficient management, as well as to substantially contribute to the increase of the service's quality standards.*



***In this regard, the information systems of the company have been organized into five major sections: the inventory, the clients' database, the customer service, the geographic information system and the remote control system of the infrastructure. This organization uses the holistic system perspective of IAM and provides further reliability to the process, while using the principles of continuous improvement in every organization and laying the groundwork for future implementation.***

**Palabras clave: Gestión, Patrimonial, Infraestructuras, Abastecimiento, Agua**

# TABLA DE CONTENIDOS

<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1. ANTECEDENTES .....	1
1.1. EL ABASTECIMIENTO DE AGUA EN ESPAÑA .....	1
1.1.1. Historia del abastecimiento urbano .....	1
1.1.2. Desafíos actuales de los abastecimientos .....	3
1.1.3. El desconocimiento de las redes .....	5
1.1.4. La insuficiencia de las redes .....	5
1.1.5. Niveles de rendimiento de las redes .....	6
1.1.6. Notas finales .....	7
1.2. EL CONTEXTO SOCIOECONÓMICO ACTUAL .....	7
1.3. LA VISIÓN DE PAVAGUA AMBIENTAL .....	9
2. OBJETO Y ALCANCE .....	9
3. OBJETIVOS .....	10
4. ORGANIZACIÓN DEL DOCUMENTO .....	11
<b>CAPÍTULO II. LA GESTIÓN PATRIMONIAL DE INFRAESTRUCTURAS</b> .....	<b>13</b>
1. LA IMPORTANCIA DE LAS INFRAESTRUCTURAS .....	13
2. CONCEPTO .....	13
3. EQUILIBRIO ENTRE DESEMPEÑO, COSTE Y RIESGO .....	14
4. PREGUNTAS CLAVE .....	16
5. BENEFICIOS DE LA GPI .....	16
6. LA ESTRATEGIA DEL ADJUDICATARIO DE UN NUEVO SERVICIO .....	17
7. EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE UN PLAN DE GPI .....	18
8. INFORMACIÓN NECESARIA .....	19
9. EL USO DE DATOS AGREGADOS .....	20
<b>CAPÍTULO III. ORGANIZACIÓN DEL SERVICIO</b> .....	<b>23</b>
1. PLIEGO DE CONDICIONES .....	23
1.1. MEDIOS HUMANOS Y MATERIALES .....	26
1.2. ACOMETIDAS PARTICULARES .....	28
1.3. CALIDAD DEL AGUA SUMINISTRADA .....	29
1.4. PLANIMETRÍA Y SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA .....	30
1.5. PLAN DIRECTOR DE ABASTECIMIENTO .....	31
1.6. TELECONTROL DE LAS INSTALACIONES .....	31
1.7. GESTIÓN DEL PARQUE DE CONTADORES .....	32
1.8. SISTEMA DE CONTROL DE FUGAS .....	33
1.9. RELACIÓN CON LOS USUARIOS DEL SERVICIO .....	34
1.10. CONTINUIDAD DEL SERVICIO .....	34
1.11. SISTEMA DE ATENCIÓN PERMANENTE .....	35
1.12. RÉGIMEN ECONÓMICO DEL SERVICIO .....	35
2. ÁREAS FUNCIONALES .....	37
2.1. JEFATURA DE SERVICIO .....	38

2.2. DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACIÓN .....	40
2.3. DEPARTAMENTO TÉCNICO .....	41
2.3.1. Auditoría hídrica y energética .....	42
2.3.2. Estudio de fenómenos transitorios .....	43
2.3.3. Modelización matemática de redes .....	43
2.3.4. Planificación y diseño de acciones de rehabilitación y construcción .....	44
2.3.5. Uso eficiente del agua .....	44
2.3.6. Control activo de fugas .....	44
2.4. LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA .....	44
2.5. EQUIPOS OPERACIONALES .....	45
2.6. SERVICIO DE GUARDIA .....	46
3. PERFILES, ROLES Y TIPOS DE USUARIOS .....	47
3.1. ABONADOS .....	48
3.1.1. Derechos .....	48
3.1.2. Obligaciones .....	50
3.1.3. Régimen sancionador .....	51
3.2. ADMINISTRATIVOS .....	53
3.3. OPERARIOS .....	54
3.4. TÉCNICOS .....	54
3.5. GESTORES .....	56
3.6. LA PROPIEDAD .....	57
<b>CAPÍTULO IV. ESTRUCTURA DEL SISTEMA .....</b>	<b>59</b>
1. PRINCIPIOS DE DISEÑO .....	59
2. INVENTARIO DE COMPONENTES .....	61
2.1. IDENTIFICADORES ÚNICOS .....	61
2.2. CLAVES PRIMARIAS .....	63
2.3. ELEMENTOS DEL SISTEMA .....	65
2.4. PROPIEDADES COMUNES .....	68
2.5. TUBERÍAS .....	69
2.6. VÁLVULAS .....	70
2.7. BOMBAS .....	71
2.8. CONTADORES .....	72
2.9. OTROS .....	73
3. BASE DE DATOS DE ABONADOS .....	73
3.1. EL CONTRATO DE SUMINISTRO .....	75
3.2. ACCESO A LA OFICINA VIRTUAL .....	76
4. SERVICIO DE ATENCIÓN AL CLIENTE .....	77
4.1. RESPONSABILIDADES DEL PERSONAL DEL SERVICIO .....	77
4.2. GESTIÓN DE LA CORRESPONDENCIA .....	78
4.3. GESTIÓN SERVICIOS RELACIONADOS CON LA CONTRATACIÓN .....	78

4.3.1. Proceso de alta .....	79
4.3.2. Proceso de baja .....	81
4.3.3. Domiciliación bancaria .....	82
4.3.4. Duplicado de facturas .....	82
4.4. GESTIÓN DE RECLAMACIONES .....	82
4.5. GESTIÓN TELEFÓNICA DE MOROSOS .....	84
4.5.1. Gestión de correspondencia devuelta .....	84
4.5.2. Gestión de rutas .....	85
4.5.3. Gestión de llamadas y correo electrónico interno .....	85
4.6. PROCESO DE FACTURACIÓN Y COBRO .....	85
5. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA .....	87
5.1. GENERALIDADES .....	87
5.2. FUNCIONES GENERALES .....	90
5.2.1. Estructura de base de datos .....	90
5.2.2. Capacidades de intercambio .....	90
5.2.3. Continuidad espacial .....	91
5.2.4. Interfaz de usuario .....	91
5.2.5. Integración ráster vectorial .....	91
5.2.6. Programación .....	91
5.2.7. Aplicación web .....	92
5.2.8. Dispositivos móviles .....	92
5.2.9. Otras características de interés .....	94
5.3. FUNCIONES ESPECÍFICAS DE UN ABASTECIMIENTO URBANO .....	96
5.3.1. Control de calidad de redes .....	96
5.3.2. Integridad de los datos .....	97
5.3.3. Módulo de polígonos de corte .....	97
5.3.4. Exportación a EPANET .....	98
5.3.5. Módulo de gestión comercial .....	100
5.3.6. Módulo de gestión de rutas .....	100
5.3.7. Módulo de perfiles longitudinales de la red .....	101
5.4. GESTION DE INTERVENCIONES Y CALL-CENTER .....	101
5.5. INTEGRACIÓN CON OTROS SISTEMAS .....	105
5.5.1. Integración con inventario y base de datos de abonados .....	105
5.5.2. Integración con sistemas de telemando y telecontrol .....	105
5.5.3. Integración con supervisión de la propiedad .....	107
5.6. MODELACIÓN MATEMÁTICA DE LA RED .....	107

5.6.1. Herramientas SIG de modelación .....	108
5.6.2. Información de partida .....	109
5.6.3. Captura de la red de distribución y de fondos urbanos .....	109
5.6.4. Captura del trazado de la red en formato CAD .....	109
5.6.5. Captura de elementos auxiliares .....	110
5.6.6. Creación de callejeros .....	110
5.6.7. Depuración de la red .....	110
5.6.8. Edición de las propiedades hidráulicas .....	111
5.6.9. Interpolación de cotas .....	111
5.6.10. Cara del modelo y asignación de consumos .....	111
5.6.11. Calibración del modelo .....	113
5.6.12. Simulación del comportamiento de la red .....	113
5.6.13. Implantación del SIG .....	113
<b>6. SISTEMA DE TELECONTROL DE LAS INFRAESTRUCTURAS .....</b>	<b>116</b>
6.1. GENERALIDADES .....	116
6.2. ASPECTOS GENERALES .....	117
6.3. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA .....	120
6.3.1. Características Sistemáticas .....	120
6.3.2. Características Operativas: .....	121
6.4. ARQUITECTURA GENERAL DEL SISTEMA .....	121
6.4.1. ASPECTO GENERALES DE LA ARQUITECTURA .....	123
6.4.2. DESCRIPCIÓN DE LA ARQUITECTURA .....	124
6.5. FUNCIONES DEL SISTEMA .....	126
6.6. SISTEMA DE SUPERVISIÓN, CONTROL Y ADQUISICIÓN DE DATOS (SCADA) .....	127
6.7. GESTIÓN DE DATOS Y ALARMAS .....	128
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>129</b>
1. SÍNTESIS DEL PLANTEAMIENTO .....	129
2. IMPLEMENTACIÓN, MONITORIZACIÓN Y DESARROLLOS FUTUROS .....	130
<b>ANEXO A. LA ELABORACIÓN DE UN PLAN DE GPI.....</b>	<b>133</b>
A.1. LA METODOLOGÍA AWARE.....	133
A.1.1. INTRODUCCIÓN.....	133
A.1.2. NIVELES DE PLANEAMIENTO.....	134
A.1.3. ÁMBITO Y HORIZONTE TEMPORAL DE LOS PLANES.....	134
A.1.4. PROCESO DE ELABORACIÓN DE LOS PLANES.....	136
A.2. PLANEAMIENTO ESTRATÉGICO.....	137
A.2.1. INTRODUCCIÓN.....	137
A.2.2. OBJETIVO Y RELEVANCIA DEL PLANEAMIENTO ESTRATÉGICO.....	137
A.2.3. PROCESO DE ELABORACIÓN DE UN PLAN ESTRATÉGICO.....	138
A.2.4. MISIÓN Y VISIÓN.....	138
A.2.5. OBJETIVOS ESTRATÉGICOS.....	140
A.2.6. CRITERIOS, MEDIDAS Y METAS.....	140
A.2.7. DIAGNÓSTICO.....	143

A.2.8. FORMULACIÓN DE ESTRATEGIAS Y PRODUCCIÓN DEL PLAN.....	146
A.2.9. IMPLEMENTACIÓN, MONITORIZACIÓN Y REVISIÓN DEL PLAN.....	146
A.3. PLANEAMIENTO TÁCTICO.....	147
A.3.1. INTRODUCCIÓN.....	147
A.3.2. OBJETIVO Y RELEVANCIA DEL PLANEAMIENTO TÁCTICO.....	148
A.3.3. PROCESO DE ELABORACIÓN DE UN PLAN TÁCTICO.....	149
A.3.4. OBJETIVOS TÁCTICOS.....	150
A.3.5. CRITERIOS, MEDIDAS Y METAS.....	151
A.3.6. IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA INFORMACIÓN NECESARIA Y DISPONIBLE.....	152
A.3.7. NIVEL DE DESAGREGACIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	160
A.3.8. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LA INFORMACIÓN.....	161
A.3.9. RECOMENDACIONES PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD DE LA INFORMACIÓN.....	163
A.4. RECOGIDA DE INFORMACIÓN Y EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO PARA LA SITUACIÓN DE STATUS QUO.....	164
A.4.1. DIFERENTES ETAPAS.....	164
A.4.2. COMPONENTES CRÍTICOS Y ÁREAS DE ANÁLISIS.....	164
A.4.3. EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN DE REFERENCIA.....	165
A.4.4. PREVISIÓN DE LA SITUACIÓN FUTURA DEL STATUS QUO.....	166
A.4.5. IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS DE ANÁLISIS Y COMPONENTES CRÍTICOS.....	168
A.4.6. IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN.....	169
A.4.7. IDENTIFICACIÓN DE SOLUCIONES ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN.....	170
A.4.8. PREVISIÓN DE DESEMPEÑO FUTURO.....	171
A.4.9. SELECCIÓN DE LA MEJOR SOLUCIÓN PARA CADA ÁREA DE ANÁLISIS.....	171
A.4.10. ESTABLECIMIENTO DE PRIORIDADES DE INTERVENCIÓN.....	173
A.5. FORMULACIÓN DE TÁCTICAS Y PRODUCCIÓN DEL PLAN.....	174
A.5.1. TIPOS DE TÁCTICAS.....	174
A.5.2. TÁCTICAS ESTRUCTURALES.....	175
A.5.3. TÁCTICAS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	175
A.5.4. OTRAS TÁCTICAS NO ESTRUCTURALES.....	176
A.5.5. PRODUCCIÓN DEL PLAN.....	176
A.5.6. IMPLEMENTACIÓN, MONITORIZACIÓN Y REVISIÓN DEL PLAN.....	178
A.6. PLANEAMIENTO OPERACIONAL.....	180
A.6.1. OBJETIVO Y RELEVANCIA DEL PLANEAMIENTO OPERACIONAL.....	180
A.6.2. PROCESO DE ELABORACIÓN DE UN PLAN OPERACIONAL.....	180
A.6.3. OBJETIVOS OPERACIONALES, MEDIDAS Y METAS.....	181
A.6.4. PROGRAMACIÓN DE ACCIONES Y PRODUCCIÓN DEL PLAN.....	182
A.6.5. IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN.....	183
A.6.6. MONITORIZACIÓN Y REVISIÓN DEL PLAN.....	184
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>186</b>



# CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

## 1. ANTECEDENTES

Para entender la razón de ser del presente documento hay que explicar, en primer lugar, la evolución que han sufrido los abastecimientos de agua urbanos en España desde el siglo pasado hasta la fecha, así como analizar el impacto de la situación socioeconómica actual en la gestión de los mismos. No obstante, si bien estos dos factores o principios explican el enfoque adoptado durante el presente trabajo, es la visión de PAVAGUA Ambiental, empresa de nueva creación dedicada a la gestión de los servicios asociados al ciclo integral del agua, el elemento verdaderamente vertebrador y que ha impulsado su realización.

A continuación se pasa a explicar con mayor grado de detalle todo lo referido en el párrafo anterior. Sin lugar a dudas, todo ello constituye un auténtico caldo de cultivo que permitirá superar la visión simplista de que este trabajo suponga un principio y un fin en sí mismo, sino que constituye una fórmula estratégica clave para la empresa susceptible de ser madurada y mejorada en los años venideros.

### 1.1. EL ABASTECIMIENTO DE AGUA EN ESPAÑA

#### 1.1.1. HISTORIA DEL ABASTECIMIENTO URBANO

Los abastecimientos urbanos españoles nacieron en su inmensa mayoría en los principios del siglo XX (Cabrera 2008). El agua comenzó a llegar al domicilio de los ciudadanos con rapidez. Esta evidente comodidad supuso una revolución en la manera de entender el abastecimiento de agua. Tanto, que hoy en día se considera y es un servicio absolutamente imprescindible.

Fue durante las primeras décadas del siglo XX cuando se definió la estructura de la administración del agua tal y como se conoce hoy en día. En España, con notable visión de futuro, se crearon las confederaciones hidrográficas encargadas de gestionar el agua en sus marcos naturales, las cuencas hidrográficas de los ríos. Esta división técnica y administrativa fue una actuación pionera que la Directiva Marco del Agua (UE 2000) consolidó décadas después.

Entonces, la industria apenas existía en una España donde la agricultura se convirtió en el motor principal de la economía, además de una necesidad imperiosa para la población. Todo ello condicionó la política hidráulica de una administración que centró todos sus esfuerzos en promover el aumento de la superficie regada.

Es en este contexto en el que tiene lugar la aparición de los primeros abastecimientos urbanos. Por su poca entidad y reciente construcción, no merecieron la atención de la administración, absorta ésta en la construcción de grandes obras. La mentalidad de entonces, compartida aún hoy por la mayoría de la población, es que este servicio no suponía ningún problema al que mereciera la pena prestar atención siempre que el agua llegase al grifo del abonado. Por otro lado, la capacidad de movilización del recurso potencial todavía era escasa y, por tanto, la racionalización del consumo y la minimización de las fugas de agua en una red no era, ni mucho menos, una prioridad (Cabrera 2008).

Desde un punto de vista puramente estadístico, el agua urbana, dentro del contexto general de la política de agua, es un consumo que palidece en comparación con otros usos de este recurso. Así, el Libro Blanco del Agua (MIMAM 1998), arroja unos números muy interesantes: la agricultura supone el 80% del total de la demanda, quedando el 20% restante para las demandas urbana, turística, industrial y de ocio.

Tradicionalmente España ha sido un país agrícola y aún hoy es uno de los mayores productores de Europa occidental, pero desde mediados de la década de 1950 el crecimiento industrial fue rápido y pronto alcanzó un mayor peso que la agricultura en la economía del país, que supuso un 3% en 2006 y solo ocupó al 5% de la población. La industrialización en España es un hecho reciente si se lo compara con otros países desarrollados. La incorporación de España a la UE, en 1986, fue un motor propulsor de la economía y de la industria en los últimos años (Pampillón 2006). El escenario, por tanto, empezó a ser bien distinto del que vio nacer la política de aguas hoy vigente, dado que la aportación económica y al desarrollo de la sociedad, que depende en gran medida del suministro urbano, era muy superior a aquel de la agricultura.

Por otro lado, la política de precios seguida hasta entonces propició la sobreexplotación de recursos y la contaminación de las masas de agua. Únicamente desde el ahorro se combate eficientemente dicha contaminación. Así lo entendieron los países desarrollados, que para fomentar el uso racional de los recursos promovieron dos medidas: repercutir en el recibo del agua los costes de su distribución en baja y potenciar la gestión y control de la misma.

Ello explica por qué Alemania o Suiza, por poner dos de los ejemplos más claros, utilizan el agua de manera más eficiente que España (Cabrera 2008). Si se gasta menos, se contamina menos y, con el tiempo, se disminuyen las detracciones del medio natural. Además, las infraestructuras existentes no quedan obsoletas e insuficientes tan rápidamente. Por ello ahorro y depuración son los pilares que sustentan la preservación del medio natural.

El siglo XX supuso, pues, el control de los recursos por parte del hombre. Esta interpretación de la realidad está siendo desplazada por la del autocontrol del hombre para que sus acciones no

resulten perjudiciales para el entorno. En este escenario se enmarca una nueva gestión que afecta al ciclo integral del agua (captación, distribución en alta, distribución en baja, retornos y tratamientos). Esta nueva gestión, más respetuosa, prefiere la optimización frente a las grandes obras. Se trata de sacar el máximo provecho a lo ya existente y evitar en la medida de lo posible la necesidad de captar más recurso (Cabrera 2001).

### 1.1.2. DESAFÍOS ACTUALES DE LOS ABASTECIMIENTOS

El estado actual de los abastecimientos en España es muy defectuoso, con una inequívoca tendencia a un estancamiento y progresivo deterioro de dichos sistemas (Cabrera y García-Serra 1997). El problema planteado en el actual contexto desborda a técnicos municipales y profesionales del sector y la solución comienza por una decisión firme y decidida, y por un necesario aumento de la calidad de la gestión de los abastecimientos. El problema del servicio de abastecimiento urbano comporta fuertes connotaciones socioeconómicas que, ignoradas indefinidamente, pueden producir una situación de inmovilización e impotencia para resolver el problema.

Cabrera y García-Serra (1997) resumieron la problemática de los abastecimientos españoles en los siguientes puntos; problemática que aún hoy se mantiene vigente (Cabrera et al. 2004; Cabrera 2008; Cabrera 2012):

1. El **descontrol de la Administración** en esta materia. El complicado entramado de competencias entre las distintas administraciones a nivel local, regional y nacional conlleva una ausencia clara de responsabilidad por parte de las mismas. Esta falta de responsables de los problemas ralentiza la búsqueda de soluciones con acciones que, en la mayoría de las ocasiones, pudieran ocasionar el pago de un precio político elevado.
2. Las **fugas**, en particular, y el agua no contabilizada, en general, de los abastecimientos que, además de hacer los sistemas ineficientes y escasamente competitivos, fomentan, para poder ahorrar el agua, la tercermundista medida de interrumpir temporalmente el servicio.
3. Los insalubres **aljibes domiciliarios**, totalmente prohibidos en cualquier país que haya establecido unos estándares de calidad mínimos. Los problemas que genera la existencia de aljibes ha sido objeto de atención en trabajos previos (Cabrera y García-Serra 1997; Cobacho et al. 2007).
4. El **precio del agua** que es, y ha venido siendo, una de las causas fundamentales del deterioro progresivo de todas las redes (Cabrera 2012), tanto los que distribuyen agua para el riego como las que abastecen a las ciudades españolas.

5. La **política de financiación pública** llevada a cabo hasta la fecha en su doble vertiente negativa. Por una parte, las subvenciones a aquellos Ayuntamientos que peor gestión han hecho, circunstancia agravada en no pocas ocasiones, por atenderse y apoyarse tales subvenciones en criterios políticos escasamente objetivos desde una perspectiva puramente técnica. Por otra parte, el déficit financiado mediante los ingresos obtenidos por una nueva concesión del servicio a una entidad privada. Ellos justifica que, el principal objetivo a corto plazo de la empresa concesionaria pase a ser la recuperación del capital invertido, con las consecuencias evidentes que pueda acarrear (subida de recibos, disminución de inversiones, etc.).
6. La falta de **calidad del agua** en el grifo del abonado, toda vez que fundamentalmente se controla el agua en el punto de inyección pero no, como es obligado, en el punto de consumo.
7. La **ausencia de programas de rehabilitación y renovación**, que hace que los abastecimientos se vayan “consumiendo” hasta alcanzar un deterioro tal que sea imprescindible privatizar, mediante la petición de ayuda en forma de apoyo financiero para reflotar el sistema a un organismo de rango superior. En cualquier país moderno, preocupado por la puesta en día de los abastecimientos, se maneja el 2% como porcentaje anual de rehabilitación de la red de distribución (Hirner 2001), equivalente a un periodo de amortización de 50 años. Otros elementos de la red tienen plazos diferentes y, en cualquier caso, deberían ser objeto de un mantenimiento preventivo. Los abastecimientos, y también los riegos, se dejan pasivamente envejecer y la actual fiebre de privatización no hace más que aumentar las turbulencias y el descontrol del sector. Sin duda se echa en falta un reordenamiento y control de tan trascendente cuestión.

Ante esta situación, las entidades, públicas o privadas, responsables del funcionamiento de los servicios de abastecimiento de agua potable se enfrentan a un amplio abanico de problemas a los que deben dar respuesta de manera continua y con los que están encontrando series dificultades. Ello, unido a que la prestación de servicios de abastecimiento de agua constituye una actividad con importantes inversiones de capital, recalca la gravedad de la situación.

Es necesario un enfoque de anticipación frente a la habitual actitud de respuesta a hechos consumados (Cabrera 2001). La gestión racional de dichas infraestructuras mediante el uso de la gestión patrimonial de infraestructuras, como se explica más adelante, se antoja indispensable para adoptar este nuevo enfoque y asegurar la sostenibilidad de los abastecimientos.

### 1.1.3. EL DESCONOCIMIENTO DE LAS REDES

Muchas redes de distribución urbanas de agua potable son sistemas perfectamente desconocidos para los técnicos responsables, sobretodo en poblaciones inferiores a 50.000 habitantes. En estas condiciones, resulta difícil gestionarlos de manera adecuada. Como se venía diciendo, un enfoque proactivo o de anticipación es preciso para dar respuesta a la problemática de las redes de distribución. Un enfoque proactivo que no es posible sin conocer en profundidad la evolución histórica, la situación actual y las perspectivas futuras del abastecimiento (Cabrera 2001).

En la visión de Cabrera y García-Serra (1997), un pleno conocimiento del sistema conllevaría:

- Tener evaluada con precisión el rendimiento de la red, distinguiendo perfectamente en el total de pérdidas (diferencia entre agua producida y agua registrada), tanto las fugas como el agua no contabilizada (consumos oficiales no controlados como, por ejemplo, el riego de jardines, errores de medida, conexiones fraudulentas, etc.).
- Conocer la red de distribución, no solo en sus diámetros, material y antigüedad, sino también en su estado de conservación, tanto material como hidráulico (disminución en la tubería de su sección de paso útil, debido al envejecimiento en general y a incrustaciones en particular), y evolución histórica.
- Tener pleno conocimiento de los consumos y de su evolución en el tiempo, tanto en épocas de normalidad como en circunstancias más adversas (períodos de sequía). Resulta imprescindible relacionar estas dotaciones con las fuentes de suministro disponible. Este tema ha sido objeto de atención en numerosos estudios recientes (Arregui et al. 2007).

Para optimizar el funcionamiento del sistema se deben conocer y mejorar sus posibilidades de regulación y control. Hay que saber si la gestión que se hace es la más adecuada o si, por el contrario, es susceptible de mejora (por ejemplo, ahorro de energía con bombeos nocturnos, regulación de los niveles de presión para disminuir las pérdidas por fugas, etc.).

### 1.1.4. LA INSUFICIENCIA DE LAS REDES

La distribución de agua potable en las ciudades españolas ha experimentado cambios extraordinarios en los últimos cien años, en paralelo con las necesidades de los ciudadanos abastecidos (Cabrera 2008). Con el aumento de la población en los núcleos urbanos, unido a la creciente demanda industrial, las ciudades comenzaron a principio de siglo pasado a sufrir una insuficiencia en el abastecimiento.

Este es un problema que va mucho más allá del posible estado de conservación de la red. El crecimiento urbanístico ha propiciado un aumento de la demanda de agua de los usuarios de un

abastecimiento. Frecuentemente, debido principalmente a la falta de inversión, este crecimiento no ha ido acompañado de una adecuación de la infraestructura hidráulica. Los diámetros de las conducciones han quedado pequeños a causa del crecimiento de la ciudad, del aumento del consumo urbano, del propio envejecimiento de los conductos (reducción del diámetro) o, incluso, de un incremento de las fugas de agua (Soriano 2012).

Es lo que se conoce como “red consumida y amortizada” que no ha sido renovada y/o ampliada por falta de una planificación adecuada. Son muchos los abastecimientos que presentan este problema. Es muy típico en las ciudades costeras turísticas que, en ocasiones, en vez de crecer han “explotado”. Tal brutal expansión no ha sido acompañada, ni mucho menos, por la necesaria mejora de las infraestructuras urbanas.

Los síntomas de esta carencia son evidentes: niveles de presión muy bajos en las redes y suministros de agua insuficientes en los puntos más alejados y/o elevados de la ciudad lo que rápidamente dispara las quejas de los abonados a no ser que se recurra a soluciones erróneas de emergencia, como por ejemplo la promoción de aljibes domiciliarios.

#### **1.1.5. NIVELES DE RENDIMIENTO DE LAS REDES**

No existen datos fiables y la Administración nunca ha hecho nada efectivo para recabar dichos datos. Su preocupación principal ha sido el reparto del recurso agua así como el dinero a invertir en grandes infraestructuras. Como resultado de esta mentalidad obsoleta, carente de todo tipo de control, surgen los siguientes problemas:

- En España, los sistemas de distribución de agua en general y los abastecimientos en particular se miden muy poco. En otras ocasiones, cuando se mide, los equipos no se mantienen de manera adecuada. Como se miden poco, los datos que vienen manejándose sobre niveles de fugas y agua no contabilizada no dejan de ser simples estimaciones. Desde la Administración no se ha articulado jamás campaña alguna para medir el agua y evaluar el estado real de las redes de distribución de agua y/o riego.
- Los pequeños y medianos abastecimientos están poco preocupados por los niveles de fugas que puedan tener, salvo cuando se vislumbran problemas de restricciones de agua. Ello implica total carencia de medios e, incluso, de conocimientos prácticos para evaluar sus rendimientos reales.
- Los grandes abastecimientos o los abastecimientos gestionados por empresas especializadas miden algo más y sí saben evaluar sus rendimientos. Sin embargo, están muy preocupados por aparentar una buena gestión y maquillar los resultados

convenientemente. En consecuencia, los datos que trasladan a las encuestas constituyen, en el mejor de los casos, el límite superior del valor real de los rendimientos.

- La Administración no tiene datos al respecto de ningún tipo. No existe ningún organismo de rango superior que se preocupe y actúe con hechos concretos para recabar datos.

Para diagnosticar el estado de un sistema, es necesario conocer los parámetros que caracterizan el funcionamiento y estado físico de una red y comparar estos valores con los de otros sistemas de similares características. Es decir, para saber donde se está nada como establecer un sistema de indicadores de gestión y aplicar técnicas comparativas como el *benchmarking* métrico (Cabrera et al., 2002).

### 1.1.6. NOTAS FINALES

El abastecimiento urbano de agua potable es un servicio público fundamental que, tradicionalmente, no se ha visto valorado en su justa medida, produciendo un deterioro progresivo de las infraestructuras y un problema que está a punto de desbordar a administraciones y entidades gestoras de dichas infraestructuras. La práctica totalidad de los gestores de las redes de distribución de agua potable en España se enfrentan, ya en pleno siglo XXI, a una compleja situación a la que no es sencillo dar respuesta.

En España, salvo honrosas excepciones de abastecimientos gestionados públicamente, han sido las empresas privadas las que más empeño han puesto en realizar una gestión del agua eficiente (Cabrera 2001). Entre otras cosas, porque la estructura tarifaria no dejaba en muchas ocasiones otra opción si se pretendía obtener beneficios. Las grandes multinacionales llevan ya tiempo persiguiendo una mayor eficiencia de sus actividades.

La adopción de herramientas de gestión por parte de dichas empresas no es más que una consecuencia lógica de la búsqueda de la tan ansiada eficiencia y fruto del complejo estado actual de los abastecimientos. Un conocimiento mejorado de las redes y su funcionamiento, la propuesta de alternativas técnicas viables para paliar su deficiente rendimiento y el control y medida del rendimiento de los componentes del sistema, constituyen tres de los objetivos fundamentales sobre el que se asienta la gestión patrimonial de infraestructuras, elemento vertebrador y que explica el enfoque adoptado en el presente documento.

## 1.2. EL CONTEXTO SOCIOECONÓMICO ACTUAL

La importancia de reducir los costes y mejorar la rentabilidad de las inversiones en las empresas ha sido un tema al que se ha dedicado mucho tiempo e investigación. La reciente crisis financiera ha puesto de manifiesto que, en la actualidad, más que nunca, es necesario redoblar esfuerzos en

este sentido para evolucionar hacia estructuras y procesos más eficientes, sin que ello suponga una pérdida del nivel de servicio ni de la calidad de los productos ofrecidos por la empresa.

Aplicado al caso concreto de entidades gestoras de abastecimiento de agua, este entorno de inestabilidad económica, unido al deterioro inherente que sufre toda infraestructura a lo largo del tiempo y a las exigencias cada vez más rigurosas del entorno de la empresa (legales, medioambientales, clientes, etc.), hace imprescindible un análisis cada vez más detallado de la gestión de los activos de las empresas y de las distintas posibilidades de inversión, sus riesgos y las alternativas para materializar dichas inversiones.

Por si no fuera suficiente, las posibilidades de financiación estatales solamente son capaces de cubrir una fracción de la escalada de costes que sufren los abastecimientos a lo largo del tiempo y, en muchos casos, esta financiación está disminuyendo. Además, cualquier ente inversor, público o privado, exige garantías de que lo invertido en los sistemas de abastecimiento de agua sea gestionado y mantenido adecuadamente de forma que se garantice la sostenibilidad del sistema a largo plazo.

La gestión de un abastecimiento de agua es, por tanto, y a día de hoy, un gran desafío para las entidades responsables. Esta situación hace necesaria la utilización de nuevas técnicas para reducir la diferencia entre aquello de lo que se dispone y aquello que es necesario. Es fundamental, pues, la búsqueda de una nueva herramienta de soporte a la decisión que permita 1) programar de manera efectiva cuándo es más conveniente reparar, reemplazar o rehabilitar determinados activos y 2) desarrollar una estrategia a largo plazo que asegure la capacidad de la entidad gestora de ofrecer un determinado nivel de servicio indefinidamente.

Una de las herramientas o metodologías más recurridas en el mundo de la gestión de empresas que tienen un importante volumen de actividad que gira en torno a activos físicos tangibles es la Gestión Patrimonial de Infraestructuras. La Gestión Patrimonial de Infraestructuras, o *infrastructure asset management*, es una combinación de principios de gestión, financieros, económicos y de ingeniería, entre otros, aplicados a activos físicos con el objetivo de proporcionar un adecuado nivel de servicio de la manera más eficaz y con el menor coste posible.

No obstante, la experiencia demuestra que las herramientas y metodologías asociadas a estas técnicas son verdaderas consumidoras de recursos y que es fácil caer en errores a la hora de recabar información y plantear sistemas de información parcial o totalmente incompatibles con ella. Es en este punto en el que pretende incidir el trabajo actual, de tal forma que, como se explica en apartados sucesivos, los sistemas de información planteados acompañen a las metodologías asociadas a la GPI y contribuyan a la tan ansiada búsqueda de la eficiencia en la explotación de los servicios.

### 1.3. LA VISIÓN DE PAVAGUA AMBIENTAL

PAVAGUA Ambiental es una empresa de reciente creación (2013) perteneciente a la matriz del Grupo PAVASAL, empresa constructora dedicada a la conservación y construcción de obra civil y cuyos inicios se remontan al año 1943. En la actualidad, gracias a su política de innovación y desarrollo, el Grupo ostenta la participación mayoritaria en empresas especializadas y de reconocido prestigio en varios sectores y actividades económicas.

PAVAGUA nace con la vocación de convertirse en una empresa fuertemente especializada en la gestión de los servicios asociados al ciclo integral del agua, el diseño, construcción y explotación de todo tipo de infraestructuras asociadas y la realización de todo género de proyectos, estudios e informes técnicos, obras e instalaciones en el ámbito de la ingeniería del agua y del medio ambiente.

La empresa está dando sus primeros pasos en un sector con una dura competencia y, como tal, la búsqueda de valores diferenciales con respecto a otras es una línea estratégica básica para garantizar el éxito de la misma. Apoyada por la solvencia técnica, profesional, económica y financiera del Grupo, no es de extrañar pues que la innovación tecnológica y la búsqueda permanente de la eficiencia de sus procesos se hayan convertido en prioridades absolutas para asegurar su presente y futuro.

Como todo comienzo, los inicios de PAVAGUA suponen también una oportunidad única para articular una nueva forma de trabajar y promover una cultura empresarial única e innovadora en el sector que la prepare para los desafíos presentes y futuros a los que va a tener que enfrentarse. En este contexto, la idea de desarrollar unos sistemas de información para la explotación de abastecimientos de agua basada en una de las líneas de investigación más recientes y candentes – la Gestión Patrimonial de Infraestructuras – y que evite viejos vicios adquiridos en el sector constituye una apuesta confiable y segura.

## 2. OBJETO Y ALCANCE

El objeto del presente trabajo es, como su propio nombre indica, el análisis y estructuración de los sistemas de información de un explotador de servicios de abastecimiento de agua potable, adoptando para ello un enfoque centrado en la Gestión Patrimonial de Infraestructuras. El trabajo se enmarca dentro de la relación laboral entre el autor y su empresa, PAVAGUA Ambiental, S.L.U., empresa de reciente creación dedicada a la gestión del ciclo integral del agua y que requiere de un estudio previo de las necesidades, especificaciones y requisitos en los que cimentar el futuro desarrollo de sus sistemas de información para la explotación de un servicio de abastecimiento de agua de un municipio español, sea cual fuere éste.

El alcance del trabajo que, por tanto, circunscrito al servicio de abastecimiento de agua potable, desde la salida de las captaciones de agua y/o fuentes de suministro hasta el arranque de las acometidas domiciliarias. Por tanto, quedan fuera del análisis del presente trabajo la gestión en alta de los recursos hídricos, la captación del mismo, su potabilización, la recogida de aguas pluviales y residuales y su tratamiento último antes de su vertido al medio natural y/o reutilización.

Dada la naturaleza regional del ámbito de actuación de la empresa, los sistemas de información se diseñarán específicamente para el caso del municipio español, buscando con ello responder a las necesidades reales de la empresa y la simplificación del estudio, evitando realizar abstracciones que conduzcan a soluciones inabordables por parte de la misma.

## 3. OBJETIVOS

La multitud de soluciones desacopladas que el mercado actual ofrece a los prestadores de servicios de abastecimiento urbano de agua potable, pueden llegar a convertirse en un problema para los gestores del servicio. Dichas soluciones suelen ser grandes consumidoras de recursos – económicos, humanos y materiales –, no ordenan los datos recogidos e incluso traban el proceso conversión de dichos datos en información útil para usuarios, operarios, técnicos y gestores. El problema se acentúa aún más en los pequeños municipios, con menores posibilidades de especialización e incapaces de asumir los costes asociados a las infraestructuras necesarias para dichos sistemas. A menudo se recurren a soluciones incompletas que se alejan de los altos estándares de calidad que requiere un servicio público de tamaño importancia, vital para el desarrollo humano, social y económico de una población.

Con el auge de la gestión patrimonial de infraestructuras en los últimos años, las carencias de los sistemas tradicionales se han vuelto más evidentes. No existen inventarios completos de los elementos de las redes, no hay coordinación entre los sistemas de información geográfica y los

modelos matemáticos, las bases de datos almacenan información inconsistente, etc. En estas circunstancias, el análisis, previsión futura de necesidades y planificación de las redes urbanas de abastecimiento de agua potable se convierte en una tarea complicada. El presente trabajo profesional tiene como objetivos:

- Analizar las necesidades de información de un abastecimiento urbano, con independencia de su tamaño y distinguiendo por roles: usuarios, operadores, técnicos y gestores.
- Definir las áreas de trabajo que componen la explotación de un abastecimiento urbano (atención al cliente, control de calidad del agua, etc.).
- Establecer unas especificaciones o directrices básicas para:
  - Evitar dependencias entre el funcionamiento de cada una de las áreas de trabajo en la explotación del servicio.
  - Permitir el intercambio de información comparable y de calidad entre distintos municipios.
  - Recoger la información necesaria, tanto para el desarrollo normal de cada área de trabajo como para, allí donde sea necesario, permitir analizar dichas áreas utilizando las metodologías asociadas a la gestión patrimonial de infraestructuras.
  - A través de dichas especificaciones, ofrecer soluciones que permitan a los sistemas de información adaptarse a las necesidades de municipios de distintas características.
  - Por último y, fundamentalmente, responder a la necesidad de PAVAGUA AMBIENTAL, S.L.U. de diseñar un sistema de información con estas características.

#### **4. ORGANIZACIÓN DEL DOCUMENTO**

A continuación se describe brevemente el contenido de cada uno de los capítulos en los que se ha dividido el documento.

Los dos grandes primeros bloques se corresponden con los aspectos fundamentales que deben tenerse en cuenta para la elaboración de los sistemas de información:

- En primer lugar, el concepto de Gestión Patrimonial de Infraestructuras es abordado en su integridad en el Capítulo II. Las metodologías y técnicas necesarias para su aplicación son explicadas con detalle para justificar el enfoque adoptado en el presente trabajo.

- En segundo lugar, el análisis de la organización de un servicio de abastecimiento domiciliario de agua potable cualquiera, describiendo fundamentalmente:
  - Las condiciones que debe cumplir cualquier explotador del servicio en su papel de gestor de la infraestructura y del servicio. Si bien es cierto que los conceptos son aplicables tanto a prestadores públicos como privados, es a estos últimos a los que se ha hecho referencia habitualmente en el presente trabajo. No por ello el sistema propuesto es utilizable únicamente por prestadores privados, ya que, en todo caso, los conceptos descritos son adaptables prácticamente de forma directa al caso público.
  - Las áreas funcionales que normalmente definen el servicio y sus responsabilidades, de tal forma que se pongan de manifiesto las necesidades y requerimientos que harán falta en los sistemas de información.
  - Los perfiles, roles y tipos de usuarios que accederán o harán uso de los sistemas de información. Este apartado es imprescindible para entender el acceso que se hará a la información, el nivel de detalle requerido por cada agente y las acciones que podrá realizar cada uno de ellos.

La estructura planteada busca acercar la realidad de un abastecimiento de agua y de la Gestión Patrimonial de Infraestructuras de forma natural para, en el siguiente capítulo, culminar con la definición de las áreas específicas que deben quedar cubiertas por los sistemas de información de la empresa y sus especificaciones.

Aunque estos requisitos y especificaciones deben entenderse en constante evolución, tanto por motivos de innovación tecnológica como de perfeccionamiento atendiendo a la experiencia acumulada con el tiempo, constituyen una primera aproximación a la organización de la información del servicio.

El último capítulo incluye un resumen del documento con las conclusiones más relevantes del mismo y, como ya se ha mencionado, la posibilidad de realizar desarrollos futuros y ampliaciones de dicho sistema de información en función de las necesidades de la empresa.

# CAPÍTULO II. LA GESTIÓN PATRIMONIAL DE INFRAESTRUCTURAS

## 1. LA IMPORTANCIA DE LAS INFRAESTRUCTURAS

En el mundo actual, todas las economías modernas se basan en un importante y heterogéneo conjunto de infraestructuras donde destacan, entre otras, la red ferroviaria, la red de transporte de energía eléctrica, la red de telecomunicaciones, los sistemas públicos de abastecimiento de agua y de drenaje y tratamiento de las aguas residuales. Todas estas infraestructuras representan, por parte de los países y sus respectivos gobiernos, una gran inversión realizada a lo largo de decenas o cientos de años. Este esfuerzo de inversión es un proceso continuo que viene motivado por la búsqueda de la competitividad, la modernidad y el aumento de la calidad de vida de las poblaciones servidas. Sin embargo, y a medida que la cantidad de infraestructuras va aumentando, se vuelve fundamental asegurar que su gestión sea lo más eficiente posible.

Es importante tener en cuenta que una red de infraestructuras y gestión eficientes conllevan ventajas competitivas evidentes (el ejemplo más obvio, el de la red de telecomunicaciones). No es menos cierto que, si bien algunas infraestructuras consiguen ventajas competitivas, otras, como las de abastecimiento de agua y de drenaje y tratamiento de aguas residuales son la piedra angular de todo el sistema de salud pública de las sociedades modernas, pudiendo incluso considerarse como los cimientos del estado del bienestar y de la calidad de vida de los países desarrollados.

El aumento inexorable de las redes de infraestructuras, unido al deterioro que produce el paso del tiempo y a las restricciones económicas relativas a la sustitución de elementos degradados, hacen fundamental asegurar el aumento de la calidad de la gestión. Los modelos de gestión basados únicamente en conceptos económicos tienen el inconveniente de no ser fácilmente adaptables a la gestión de infraestructuras. Es importante y necesario efectuar un esfuerzo teórico-práctico para encontrar nuevos mecanismos de gestión de infraestructuras, más allá de los modelos económicos tradicionales.

## 2. CONCEPTO

La gestión patrimonial de infraestructuras (en adelante, GPI), o *infrastructure asset management*, es un proceso de planificación que reúne herramientas y métodos multidisciplinares para, con un enfoque integrador, proporcionar un sistema de soporte a la decisión que permita gestionar activos físicos tangibles de tal forma que se garantice un determinado nivel de servicio con la máxima

eficiencia y menor coste posible. No es, por tanto, una herramienta que quede limitada al concepto empresarial tradicional de gestión de activos (físicos y financieros), que busca optimizar el ciclo de vida de dichos activos para obtener el mayor retorno posible de las inversiones. La GPI se nutre del análisis financiero, buscando el siempre necesario equilibrio entre riesgo y coste, pero también y, fundamentalmente, del análisis técnico de la infraestructura o, lo que es lo mismo, del análisis de su desempeño.

El deterioro que sufre toda infraestructura a lo largo del tiempo, junto con la necesidad de ofrecer un determinado nivel de servicio con unos recursos económicos limitados y unos condicionantes externos cada vez más exigentes (legales, medioambientales, etc.), hacen necesario acudir a nuevas técnicas de análisis del problema. La GPI ofrece una metodología que sistematiza dicho análisis, teniendo en cuenta tres ejes fundamentales de estudio (coste, riesgo y desempeño).

De esta forma, la empresa se asegura no sólo de que se obtiene el mayor valor de cada uno de los activos y de que se disponen de los recursos financieros necesarios para rehabilitarlos y reemplazarlos cuando es necesario, sino también de aumentar la eficiencia de funcionamiento del sistema, satisfaciendo en todo momento las solicitudes presentes y futuras de la infraestructura o infraestructuras que son objeto de análisis.

### 3. EQUILIBRIO ENTRE DESEMPEÑO, COSTE Y RIESGO

La GPI es un enfoque diseñado para alinear la estrategia de gestión de una infraestructura con los objetivos de la organización. El objetivo es hacer que todas las decisiones relativas a las infraestructuras, realizadas en los diferentes departamentos de la organización y a distintos niveles jerárquicos, sean coherentes con un conjunto de criterios establecidos por los responsables de la organización. Los objetivos de la organización deben expresarse en términos de:

- **Desempeño:** establecimiento de unas metas claras en términos de calidad del servicio de los usuarios y en términos de desempeño interno, expresadas a través de valores de indicadores de desempeño seleccionados para tal efecto;
- **Riesgo:** establecimiento de niveles de riesgo admisibles;
- **Coste:** establecimiento de los objetivos y criterios a adoptar por la organización en términos financieros.

Estos objetivos están, por lo general, enfrentados entre sí: normalmente, las organizaciones procuran reducir costes, reducir los niveles de riesgo y mejorar el desempeño. La mejora del desempeño interno puede conllevar un aumento de la productividad y reducción de costes. Sin

embargo, la mejora de la calidad del servicio prestado y la reducción de los niveles de riesgo conducen, de forma general, a un incremento de costes. Por ello, es fundamental encontrar puntos de equilibrio entre desempeño, riesgo y coste. La GPI es, pues, el *arte* de encontrar este equilibrio, garantizando un alineamiento entre objetivos de la organización, decisiones de gestión y decisiones técnicas operacionales (Alegre 2008).

La elaboración de los planes estratégicos por los gestores de infraestructuras supone la identificación de alternativas de actuación para alcanzar el desempeño deseado, la identificación y cuantificación de los riesgos correspondientes a cada alternativa y los respectivos costes y beneficios a lo largo del ciclo de vida. De la comparación coste-beneficio de las alternativas resulta la selección de las alternativas que mejor cumplen los objetivos de la organización.

*Tabla II-1. Preguntas clave de la GPI.*

<b>1. ¿Cuál es el estado actual de mi infraestructura?</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿De qué activos físicos dispongo?</li> <li>• ¿Dónde están localizados?</li> <li>• ¿En qué estado de conservación se encuentran?</li> <li>• ¿Cuál es la vida útil que les resta?</li> <li>• ¿Cuál es su valor económico?</li> </ul>
<b>2. ¿Cuáles son los niveles de servicio que debo garantizar con mi infraestructura?</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cuál es la demanda de servicios por parte de mis usuarios?</li> <li>• ¿Cuáles son los requisitos legales, contractuales y de regulación a cumplir?</li> <li>• ¿Cuál es mi desempeño real actual?</li> </ul>
<b>3. En mi sistema actual, ¿cuáles son los componentes más críticos para asegurar el desempeño requerido de manera sostenible?</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿En qué circunstancias ocurren los fallos?</li> <li>• ¿Cómo ocurren los fallos?</li> <li>• ¿Cuál es la probabilidad de fallo?</li> <li>• ¿Cuánto cuesta la reparación?</li> <li>• ¿Cuáles son las consecuencias de los fallos?</li> </ul>
<b>4. ¿Cuáles son los costes mínimos del ciclo de vida que voy a tener que prever?</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cuáles son las estrategias actuales de inversión y de operación y mantenimiento?</li> <li>• ¿Qué opciones de gestión alternativas existen?</li> <li>• ¿Cuáles son las más viables para mi organización?</li> </ul>
<b>5. Dada la información anterior, ¿cuál es la mejor estrategia de inversión a largo plazo a adoptar?</b>

## 4. PREGUNTAS CLAVE

Diversos autores, sobretodo en Canadá (Vanier 2000; Vanier 2001; Vanier y Rahman 2004) y en Estados Unidos (USEPA, 2005) han sintetizado las tareas a elaborar en el ámbito de la GPI en la forma de un conjunto de preguntas clave a responder. La Tabla II-1 presenta las cinco preguntas clave propuestas por la USEPA (2005), cada una de ellas descompuestas a su vez en preguntas de menor rango.

Este conjunto de preguntas pueden ser contestadas con un mayor o menor grado de sofisticación. Es recomendable que una organización no espere a tener información fiable sobre todos los aspectos para poner en práctica el enfoque de la GPI. Existen técnicas simplificadas que permiten superar satisfactoriamente muchas dificultades y limitaciones. La GPI debe comenzar por la implementación de procedimientos simples y evolucionar progresivamente, a través de un proceso iterativo de mejora continua de la información y de las técnicas de análisis utilizadas.

No obstante, el análisis de las preguntas anteriores también pone en evidencia que existe mucho camino por recorrer en términos de investigación y desarrollo si se pretende llevar la GPI a un nivel técnico elevado. Las dificultades crecen en el caso de las redes de abastecimiento de agua y de pluviales, por tratarse de infraestructuras enterradas cuyo estado de conservación es difícil de evaluar. En este sentido, es importante reconocer que las principales fuentes bibliográficas que pueden encontrarse y hacen referencia a la gestión de activos están más dirigidas a infraestructuras visibles que para aquellas que están enterradas.

## 5. BENEFICIOS DE LA GPI

Las herramientas para gestionar de manera efectiva una infraestructura han emergido de manera notable en los últimos años. Hoy en día, la ciencia de la gestión de activos es accesible a cualquier organización con ánimo de impulsar cambios fundamentales en la manera de gestionar sus activos. Las recompensas pueden ser sorprendentes.

La GPI, llevada a cabo incluso de manera informal, conlleva beneficios inmediatos para la entidad gestora de la infraestructura en cuestión. En función del grado de implicación de la empresa en la realización del plan de GPI, muchos de estos beneficios se alcanzarán total o parcialmente. Los beneficios de la GPI incluyen, aunque no están limitados exclusivamente éstos, los siguientes:

- Gestión proactiva de los activos físicos tangibles
- Mejora de las decisiones operacionales

- Respuesta mejorada frente a situaciones de emergencia
- Mayor habilidad para planificar las futuras reparaciones y sustituciones de activos
- Conocimiento mejorado de la localización de los activos
- Conocimiento mejorado de qué activos son críticos para la entidad y cuáles no lo son
- Mayor eficiencia operacional
- Mejora de la comunicación con los clientes
- Ratios de desempeño basados en información operacional
- Inversiones de capital que satisfacen las necesidades reales del sistema
- Uso mejorado de los recursos y del capital disponible

Las entidades gestoras de abastecimientos de agua deberán intentar alcanzar la mayor cantidad de beneficios posibles con su plan de GPI. Expresado en términos empresariales, las entidades deberán intentar maximizar el retorno producido por la aplicación de los conceptos de la GPI a su organización.

## 6. LA ESTRATEGIA DEL ADJUDICATARIO DE UN NUEVO SERVICIO

En general, el proceso de elaboración y redacción de un plan de GPI es uno complejo, laborioso y que, por su carácter multidisciplinar y la cantidad de información de calidad que requiere, constituye un proceso hambriento de recursos – económicos, humanos y técnicos. No obstante, su elaboración, por los múltiples beneficios que conllevan y que se han ido presentando hasta el apartado anterior, es una tarea de primera necesidad para el explotador de un servicio de abastecimiento domiciliario de agua potable. Un plan de GPI constituye, además, una clara ventaja competitiva frente a otras empresas del sector y contribuye de forma definitiva a elevar la calidad del servicio.

Sin embargo, el enfoque a adoptar por empresas adjudicatarias de nuevos servicios municipales y el de empresas cuya explotación se remota a varios años atrás o a incluso décadas, es completamente diferente.

Cuando se da el primer supuesto evidentemente la elaboración del plan debe realizarse de manera simplificada. No obstante, como habitualmente no se suele transferir el *know-how* ni los

datos del servicio que tuviera el anterior explotador, la tarea que sí es inmediatamente abordable es la preparación de los sistemas de información para que la elaboración futura del plan se realice en toda su extensión y aplicando todas las metodologías y técnicas disponibles. Por tanto, el esfuerzo inicial de la empresa debe centrarse en diseñar los sistemas de información y los procedimientos de trabajo necesarios que conduzca a este futuro deseado.

Si, por otro lado, el caso de estudio fuera el de una empresa concesionaria con muchos años de experiencia en el servicio, el enfoque adoptado debiera ser completamente diferente. Los sistemas de información, con independencia del nivel de calidad y el grado de orden que presente la información, ya existirán de antemano. Por tanto, el primer esfuerzo de la empresa deberá ir dirigido a la elaboración del plan de GPI, utilizando la información a su disposición, y a la detección de carencias en los sistemas de información.

Normalmente, tanto el primer como el segundo supuesto comparten muchas características. Al fin y al cabo, la metodología de elaboración de un plan de GPI es común en ambos y, por tanto, la hoja de ruta a seguir tienen ambas el mismo destino. En cualquier caso, dada la situación de la PAVAGUA Ambiental, empresa de reciente creación, su situación es completamente asimilable al del primer caso. Por tanto, y en lo que sigue a lo largo del resto del documento, el supuesto de trabajo será el correspondiente.

## 7. EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE UN PLAN DE GPI

Para entender en toda su extensión las necesidades de organización de la información y coordinación de las distintas áreas funcionales de la empresa, es necesario analizar el proceso de elaboración de un Plan de Gestión Patrimonial de Infraestructuras. Nótese, no obstante, que el presente trabajo no ha incluido en ningún momento como objetivo final su elaboración. El objetivo es preparar los sistemas de información de la empresa para un hipotético futuro en el que pueda llevar a cabo su redacción.

El proceso de elaboración de un plan de GPI ya ha sido tratado con anterioridad en trabajos del autor (del Olmo García, 2012) y, aunque no ha perdido vigencia, se ha incluido de forma separada en el Anexo A para un orden más formal de la información. El Anexo incluye, entre otras cosas, la descripción de la metodología adoptada y el proceso de planeamiento en los distintos niveles jerárquicos en una empresa: el **nivel estratégico**, el **nivel táctico** y el **nivel operacional**.

La **metodología**, desarrollada por un conjunto de empresas e institutos tecnológicos liderados por el Laboratorio Nacional de Ingeniería Civil de Portugal, constituye, aún a día de hoy, la referencia mundial en elaboración de planes de GPI. Tiene como objetivo orientar a las entidades gestoras de sistemas de abastecimiento de agua que decidan poner en práctica una estrategia proactiva de

gestión patrimonial de infraestructuras, para la cual la rehabilitación asume un papel central, y ha sido reconocida internacionalmente por la *International Water Association* (IWA).

Por su parte, el análisis estructurado de todos los niveles jerárquicos de la empresa es una necesidad de primer orden porque la actividad, horizontes temporales y ámbitos geográficos y organizacionales varían de uno a otro:

- a un **nivel estratégico**, a largo plazo, que establece los objetivos estratégicos y sus respectivas metas, así como las vías para alcanzar los resultados deseados;
- a un **nivel táctico**, a medio plazo, que establece las vías para obtener los resultados deseados, o sea, las tácticas a adoptar para que los objetivos estratégicos se alcancen;
- a un **nivel operacional**, que establece el programa de acciones a realizar a corto plazo.

## 8. INFORMACIÓN NECESARIA

La evaluación de la disponibilidad de datos es fundamental tanto para la caracterización del sistema y la identificación de anomalías del estado actual, como para las previsiones de la evolución a medio y largo plazo de las solicitudes del servicio y la degradación por envejecimiento de los componentes. La información deberá ser la **necesaria y suficiente** para servir de soporte a la evaluación del desempeño del sistema en el horizonte de análisis objeto de estudio, según el nivel jerárquico de estudio, y para fundamentar las tácticas a implementar.

La inclusión de demasiados datos puede conducir a introducir un ruido innecesario en el sistema que penalice la accesibilidad a la información y su organización, lo cual es precisamente uno de los vicios de sistemas tradicionales de los que se desea huir.

Por tanto, los sistemas de información deberán permitir:

- evaluar el grado de cumplimiento de los objetivos estratégicos y tácticos basándose en las medidas de desempeño y las metas definidas para la totalidad del sistema;
- caracterizar el estado actual de las infraestructuras existentes, incluyendo el inventario actualizado, y la evaluación del estado funcional y de conservación de las infraestructuras;
- evaluar el índice de valor de la infraestructura (que viene dado por la razón entre el valor actual de la infraestructura y el valor de una estructura equivalente nueva);
- identificar los componentes más críticos del sistema para garantizar el desempeño y establecer medidas mitigadoras del riesgo;

- estimar las solicitudes del servicio en el horizonte temporal del plan y a largo plazo, incluyendo la previsión de evolución demográfica;
- evaluar el desempeño funcional del sistema para las solicitudes previstas;
- identificar los subsistemas o componentes que requieren una intervención prioritaria en términos de rehabilitación, basándose en la evaluación del grado de cumplimiento de los objetivos tácticos (definidos a nivel sectorial, para la situación de partida, para el horizonte del plan y a largo plazo).

En este contexto, la identificación y evaluación de información comprende:

- identificación de la información necesaria;
- identificación y localización de los datos existentes y su respectiva evaluación;
- establecimiento de procedimientos para la recogida de datos existentes y datos no disponibles;
- cuando se trate de empresas concesionarias con larga experiencia en el servicio, la identificación de lagunas de información;

Independientemente del nivel de desagregación de la información y su calidad, la información puede considerarse agrupada en cuatro grandes grupos: información de inventario, información operacional, información de consumos e información contable. El sistema habrá de dar respuesta a las necesidades de cada tipo de información sin perjuicio de que exista otra que sea necesaria almacenar por otros requerimientos de la organización del servicio.

Utilizando terminología informática relativa a bases de datos, los campos necesarios se encuentran ampliamente detallados en el Anexo A, así como su nivel de importancia y nivel de desagregación. De especial relevancia resulta el análisis de la calidad de la información. Los sistemas de la empresa deberá garantizar un sistema de revisión por pares y cuantos procesos de validación sean necesarios para alcanzar la mayor calidad de los datos posibles, entendida ésta en términos de fiabilidad y exactitud.

## **9. LA NECESIDAD DE SOFTWARE ESPECIALIZADO**

Los recursos necesarios para aplicar las metodologías y técnicas asociadas a la Gestión Patrimonial de Infraestructuras no se deben infravalorar en ningún nivel de planeamiento. Una mala definición de los objetivos estratégicos, por ejemplo, conducirá a resultados inutilizables e inciertos para el prestador del servicio. Por otro lado, la aplicación de las medidas estructurales y

no estructurales son realizadas en última instancia por el nivel operacional; por consiguiente, un mal calendario de implementación conducirá inevitablemente al fracaso del plan de GPI. El nivel de planeamiento táctico, por su parte, constituye la fase más hambrienta de recursos y que más se identifica con el enfoque tradicional adoptado por los departamentos de estudios y explotación de las empresas al incluir análisis de riegos, estudios técnicos, etc.

En este contexto, los sistemas de información de la empresa deben plantearse de tal forma que pueda existir una **aplicación de rango superior** que pueda consultar y agregar toda la información de la explotación del servicio para su posterior estudio. En este sentido, existen opciones comerciales que pueden dar respuesta a esta necesidad. En particular, el paquete de software *AWARE-P*, premiado por la *International Water Association*, constituye una opción interesante. En primer lugar, porque su desarrollo se ha realizado en paralelo al desarrollo de la metodología adoptada y que fundamenta el diseño de los sistemas de información del presente trabajo. En segundo lugar, porque aporta herramientas específicas para la GPI sin interferir con los sistemas de información de la empresa y, por tanto, puede utilizarse de manera completamente autónoma e independiente de los mismos.

Las herramientas aportadas por este software proporcionan una ayuda inestimable: realización de modelos de probabilidad de fallo de los elementos de la infraestructura, evaluación de las consecuencias de los mismos, generación de modelos de gestión del riesgo, herramientas de planificación a corto, medio y largo plazo, monitorización y seguimiento del desempeño, etc.

Dada la existencia de esta solución autónoma y, probablemente, de más software comercial equivalente, el análisis de los sistemas de información realizado no incluye esta aplicación de nivel jerárquico superior diseñada específicamente con el enfoque adoptado en este trabajo.



# CAPÍTULO III. ORGANIZACIÓN DEL SERVICIO

## 1. PLIEGO DE CONDICIONES

Sin perjuicio de otras obligaciones contractuales que no figuren en este apartado y sean específicas de cada municipio, es imprescindible analizar las obligaciones y derechos a los que está sujeto la sociedad concesionaria<sup>1</sup> desde el punto de vista del contrato de concesión. Son estos derechos y obligaciones los que, en definitiva, establecen los requisitos que debe satisfacer en todo momento el prestador y justifican, más adelante, la estructura de trabajo escogidas y el organigrama del servicio.

De forma general, el prestador del servicio debe realizar a su costa todas las actividades necesarias y convenientes para el correcto funcionamiento del servicio y que, con carácter no exhaustivo, se describen a continuación:

- El mantenimiento en buen estado de funcionamiento del conjunto de las instalaciones y las obras del servicio. Se incluye el mantenimiento de las condiciones sanitarias, de limpieza, de prevención de riesgos laborales y de seguridad de todas las instalaciones, así como de su entorno, dentro de los límites de las parcelas adscritas al servicio.
- La vigilancia y control de la calidad del agua que se distribuya a los abonados del servicio.
- La maniobra periódica y verificación del buen funcionamiento de válvulas, desagües, bocas de incendio, de riego y en general de todos los elementos que componen el sistema de abastecimiento de agua.
- La búsqueda, localización y reparación de escapes, fugas y enganches no autorizados en las redes de abastecimiento.
- El correcto mantenimiento de las acometidas del servicio, así como del parque de contadores adscritos a los servicios municipales<sup>2</sup>.

---

1 El término “sociedad concesionaria”, “concesionario”, “explotador del servicio” o “prestador del servicio” se utilizarán indistintamente a lo largo del presente documento para referirse a la entidad encargada de la gestión y explotación del servicio.

2 En general, el contrato de concesión suele ser uno que vincula contractualmente a un municipio específico con la sociedad concesionaria. No obstante, puede darse el caso de que sea una entidad privada la que contrate el servicio al prestador. En ambos casos, se hará referencia exclusivamente al primero para referirnos indistintamente a la situación contractual en la que se

- El máximo aprovechamiento de los recursos hidráulicos disponibles.
- La actualización cartográfica y en soporte informático (GIS) de la red de abastecimiento.
- El correcto mantenimiento de las redes, así como de las estaciones de bombeo y otros bienes que pudieran existir afectos al servicio.
- La operación y mantenimiento de las plantas y equipos de tratamiento de forma técnicamente adecuada.
- La reposición de los elementos que por su natural uso y desgaste o bien por ser consumibles deban ser reemplazados. En concreto y con carácter no exhaustivo se incluyen: equipos electromecánicos, equipos electrónicos y de comunicaciones, membranas, carbón activos, medios filtrantes, luminarias y surtidores de fuentes.
- Informar a la propiedad<sup>3</sup> sobre las prescripciones y características que han de reunir las instalaciones que realicen los promotores de ordenaciones urbanísticas e inspeccionar su cumplimiento en orden a la recepción de las obras.
- El correcto mantenimiento de las fuentes públicas, tanto de suministro como ornamentales y pozos municipales para uso deportivo y de ocio. Se incluye el mantenimiento y reposición de los elementos electromecánicos que componen estas instalaciones, así como el mantenimiento de la obra civil.
- Las obras comprendidas en los planes anuales de renovación y mejora.

También es habitual incluir cláusulas adicionales parecidas en forma y fondo a las siguientes:

- Todas las zanjas ejecutadas en dominio público se repondrán superficialmente con el mismo acabado que existía previamente. En caso de que técnicamente no se considere viable o adecuado por los técnicos municipales y, previa autorización, se podrá utilizar un material de acabado diferente.
- El concesionario quedará obligado a redactar a su cargo cuantos estudios e informes se consideren necesarios relaciones con la prestación del servicio y que serán presentados a la propiedad para su modificación y aprobación.
- El concesionario estará obligado a redactar los proyectos de las obras correspondientes al Plan Anual de Renovación y Mejora.

---

encuentre el servicio.

<sup>3</sup> El término “propiedad” y “Ayuntamiento” se utilizarán indistintamente a lo largo del documento para referirse a la entidad propietaria de la infraestructura afecta al servicio.

- Cuando lo estime oportuno la propiedad, podrá inspeccionar y revisar el funcionamiento de cualquier parte o elemento del sistema de distribución de agua. Al objeto de facilitar tales tareas de revisión, la empresa adjudicataria facilitará cuantos medios humanos y técnicos sean menester, en el bien entendido que los costes generados por todas estas tareas de revisión tendrán la consideración de gastos de mantenimiento.
- El concesionario estará obligado a suministrar a la propiedad cuantos datos relativos a la base de datos de facturación de abonados o a la gestión técnica del servicio le sean requeridos. Asimismo el Ayuntamiento proporcionará al concesionario los datos necesarios para la actualización del padrón de abonados.
- El concesionario asume la obligación de proporcionar información a las empresas de obras públicas sobre la situación de los servicios afectados por obras en la vía pública, tanto gráficamente como sobre el terreno. Este servicio se podrá regir por precios públicos aprobados por el Ayuntamiento.
- El concesionario estará obligado a emitir el certificado correspondiente para la tramitación de la licencia de ocupación de un inmueble o actividad.

Por otro lado, es igualmente importante delimitar aquellas actividades que no suelen ser responsabilidad del prestador. Sin carácter exhaustivo, el concesionario suele estar exento de:

- El pago del consumo eléctrico de fuentes y de pozos municipales de las zonas deportivas y de ocio.
- La adecuación y conservación de las instalaciones que se encuentren dentro de los límites de la propiedad de los abonados o beneficiarios del servicio de agua potable. A estos efectos, se considerará que la llave de registro situada en vía pública es el elemento que define el límite entre la instalación particular del abonado y el ámbito de responsabilidad del servicio, con independencia de la ubicación del contador. En caso de inexistencia de la llave de registro se entenderá que este límite lo define el encuentro entre la fachada o límite de la propiedad privada y la vía pública, no siendo responsabilidad del concesionario en ningún caso el mantenimiento o reposición de ningún elemento de la fachada de los inmuebles.
- Las obras de ampliación o extensión de la red siguientes:
  - La ejecución de nuevos tramos de la red como parte del desarrollo urbanístico del municipio.

- La ejecución de nuevos tramos de la red para dotar del servicio de abastecimiento a zonas que carecen de suministro.
- La ejecución de obras de carácter estructural o estratégico y las nuevas conducciones principales y secundarias.
- Cambio de sección de tuberías, insuficiencia de timbraje, construcción de obras de fábrica de nueva planta que no sean sustitutivas de otras deterioradas por el uso defectuoso del concesionario, salvo que estuvieran incluidas en el plan de renovación y mejora previsto para el servicio.
- Las instalaciones que amplíen la infraestructura existente.

Todas las anteriores acciones suelen estar sujetas a negociación con la propiedad, estableciendo métodos para restituir el equilibrio financiero y económico del contrato al concesionario y amortizar, desde un punto de vista contable, las nuevas instalaciones a lo largo de su vida útil.

Teniendo en cuenta las obligaciones contractuales del concesionario indicadas hasta el momento, lo que sigue a continuación no es más que un desglose específico de algunos apartados de especial interés para la organización del servicio y que merece la pena detallar para tener un conocimiento más amplio del funcionamiento del servicio.

## 1.1. MEDIOS HUMANOS Y MATERIALES

Al prestador del servicio le corresponde, como parte de sus tareas de gestión de un abastecimiento urbano, designar a las personas competentes y responsables, con titulaciones adecuadas (media o superior) para el desempeño de las funciones, que consisten habitualmente en la organización y dirección técnica de los trabajos, medios materiales y recursos humanos, así como las relaciones con la propiedad del servicio. En definitiva, es responsabilidad del prestador del servicio la gestión de los **medios humanos**.

Según el régimen laboral de los contratos de concesiones, el personal empleado tiene normalmente dependencia laboral de la empresa concesionaria del servicio, sin que por ninguna causa, incluso la de despido, pueda pasar dicho personal a depender del Ayuntamiento o propiedad, la cual no interviene de ningún modo en las relaciones laborales que puedan existir entre el concesionario y su personal. El concesionario queda obligado, por tanto, a contratar por su cuenta conforme a la ley y dar de alta a todo el personal en la Seguridad Social y al cumplimiento de las normas socio laborales vigentes.

Por otro lado, el concesionario pone a disposición del servicio al **personal técnico y administrativo** suficiente e idóneo para una adecuada prestación de los servicios; y asimismo

incorpora al personal cualificado de mantenimiento necesario para la realización de los trabajos relacionados con el servicio prestado. Los pliegos suelen hacer mención expresa al hecho de que no se puede alegar falta de personal para suspender, retardar o reducir el servicio objeto del contrato y siempre se debe disponer del necesario para su desarrollo, cubriendo las sustituciones que pudieran ser necesarias por bajas o vacaciones.

El concesionario es responsable y debe asegurar el aseo, decoro y uniformidad en el vestuario del personal a su cargo que vaya a tener relación con los usuarios y público en general, así como que actúe con la debida cortesía en su trato con aquéllos y de que cumpla con lo dispuesto en las ordenanzas, reglamentos y demás disposiciones municipales.

Por otro lado, para atender cualquier incidencia urgente fuera del horario laboral habitualmente se dispone, durante las veinticuatro horas del día, incluidos sábados, domingos y festivos, de un **servicio permanente de guardia**, compuesto por el personal adscrito al servicio. Dicho servicio permanente consiste en un número de teléfono 24 horas 365 días al año a disposición de la jefatura del servicio o del técnico designado al efecto y de los usuarios del servicio. El personal de guardia está encargado de presentarse en las averías e incidencias urgentes que puedan surgir fuera del horario laboral, de forma que se asegure la continuidad del suministro para los usuarios.

En cuanto a **medios materiales**, el concesionario es responsable de contar con las instalaciones necesarias al efecto (almacenes, oficinas, etc.), preferiblemente ubicadas en el municipio, para servir a un doble propósito. Por un lado, para realizar el almacenamiento de material y de todas aquellas piezas, repuestos y otros elementos necesarios para las reparaciones de red, equipos y fábricas, con el objeto de disponerlos con rapidez y así asegurar el funcionamiento del servicio. En segundo lugar, para realizar las tareas propias que le corresponden a sus respectivos departamentos u oficinas de atención al público.

En este sentido, el concesionario deberá poner a disposición del servicio un **centro de vigilancia y control 24 horas**, con personal cualificado que controle de forma continua las instalaciones, que recoja avisos de incidencias fuera de horas de oficinas y avise a los retenes de guardia en caso de detectarse cualquier anomalía.

El concesionario dotará al servicio con una **oficina de atención al usuario**, normalmente ubicada en un lugar céntrico de la población, gestionada por el personal administrativo y técnico adscrito. En ella se realizarán todos los trámites del servicio, contratación de nuevos usuarios, bajas, lecturas de consumos, expedición de listados, confección de recibos, recaudación, cortes de suministros, expedición de facturas completas y detalladas a petición del usuario y, en general, todos los demás procesos de gestión de usuarios y relación con el público.

Además, últimamente es requisito indispensable la creación de una **oficina virtual en Internet** mediante la cual los usuarios del municipio puedan realizar altas, bajas, consultas, descarga y pago de facturas e introducción de lecturas de contadores. Además de suponer una comodidad en términos de desplazamientos y realización de trámites para los abonados, constituye un ahorro de tiempo y medios para el prestador.

En cuanto a los trabajos en la vía pública, deberán estar correctamente señalizados según las normas vigentes si así lo requieren, estando el prestador obligado a nombrar un responsable en el tajo de la señalización dispuesta; se desarrollarán en las debidas condiciones de seguridad, respetando la accesibilidad del vecindario y sin producir ruidos excesivos.

El prestador del servicio deberá disponer al comienzo del contrato de todos los **vehículos** necesarios para la prestación de los distintos servicios, los cuales serán de tipo y características adecuados para los servicios a realizar y en número suficiente. Dicho material móvil debe asegurarse que sea suficientemente moderno y eficaz, a criterio tanto de los servicios técnicos municipales como de los gestores del explotador del servicio, en función de la experiencia acumulada en municipios de características similares. Todos los vehículos que trabajen en la vía pública deben ser perfectamente visibles y reconocibles y disponer de los sistemas de seguridad obligatorios para los operarios que trabajen en conjunción con el conductor. Estarán dotados de los equipos de señalización precisa para su mejor detección y evitar riesgos para los peatones y el tráfico rodado.

## **1.2. ACOMETIDAS PARTICULARES**

Las acometidas de suministro de agua son normalmente instaladas por el concesionario por cuenta del solicitante conforme a la normativa sectorial o municipal de aplicación. Sin embargo, el solicitante podrá ejecutar las aperturas y cerramientos en zanjas, levantamientos y reposición de pavimentos y/o aceras y otros similares, previa obtención de los correspondientes permisos municipales y siguiendo las indicaciones técnicas del concesionario. Se consideran instalaciones propias del inmueble, y por tanto no integradas en las acometidas de agua, todas las conducciones y elementos que, enlazando con aquella, se encuentren situadas entre la llave de registro (o límite de la vía pública) y el inmueble a abastecer.

Se atenderá al buen estado y funcionalidad de las portillas de las hornacinas de los contadores, que deberán estar operativas y, salvo durante las inspecciones, cerradas, proveyendo el concesionario de su reparación o sustitución cuando sea necesario.

Como norma general las acometidas discurrirán de forma perpendicular a la fachada, desde la conducción de la red general hasta el punto donde se vaya a ubicar el contador, en lugar acordado previamente entre el servicio y el solicitante.

### 1.3. CALIDAD DEL AGUA SUMINISTRADA

El concesionario está obligado a distribuir adecuadamente los caudales de que disponga atendiendo a las prioridades que sobre el uso del agua señala la legislación vigente en cada momento, particularmente en supuestos de escasez. El concesionario deberá asegurar dicha distribución de agua potable dentro de los volúmenes percibidos y de las instalaciones que se ponen a disposición, garantizando su correcto aprovechamiento y la presión necesaria para dicho suministro.

La **presión mínima de suministro** de la red suele ser un parámetro fijado por la propiedad, estableciendo objetivos para horarios habituales del servicio (de 7 a 22h) y objetivos para diversos horizontes temporales para obligar al concesionario a la mejora continua del servicio prestado.

El concesionario es también responsable de la calidad del agua que distribuya, cuidando, en todo momento, de que responda a las condiciones de salubridad fijadas por la administración sanitaria u otras administraciones competentes.

En caso de deterioro sustancial de la calidad del agua en origen, o insuficiencia de caudales, deberá notificarlo de forma inmediata a la propiedad, adoptándose por la propiedad y la entidad concesionaria las soluciones pertinentes.

El control de la calidad del agua suministrada se realizará por el concesionario, a su costa y de conformidad con el **Plan de Calidad de las Aguas**, que a tal fin elabore en un plazo máximo de 1 mes desde la firma del contrato y con lo establecido en el R.D. 140/2003 de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano, así como de cuantas disposiciones desarrollen en esta materia y se dicten con posterioridad.

La propiedad normalmente se reserva la facultad de realizar, en el lugar y de la forma que estime más conveniente, los análisis físicos, químicos microbiológicos y/o bacteriológicos del agua suministrada por el concesionario que considere necesario, viniendo éste obligado a dar todas las facilidades precisas para realizar estas labores al personal municipal encargado y a proporcionar cuantos datos sean solicitados al respecto.

El plan incorporará el seguimiento analítico de la calidad del agua, de acuerdo con los parámetros establecidos en la normativa técnico-sanitaria y con la periodicidad idónea para el mejor control del servicio.

## 1.4. PLANIMETRÍA Y SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

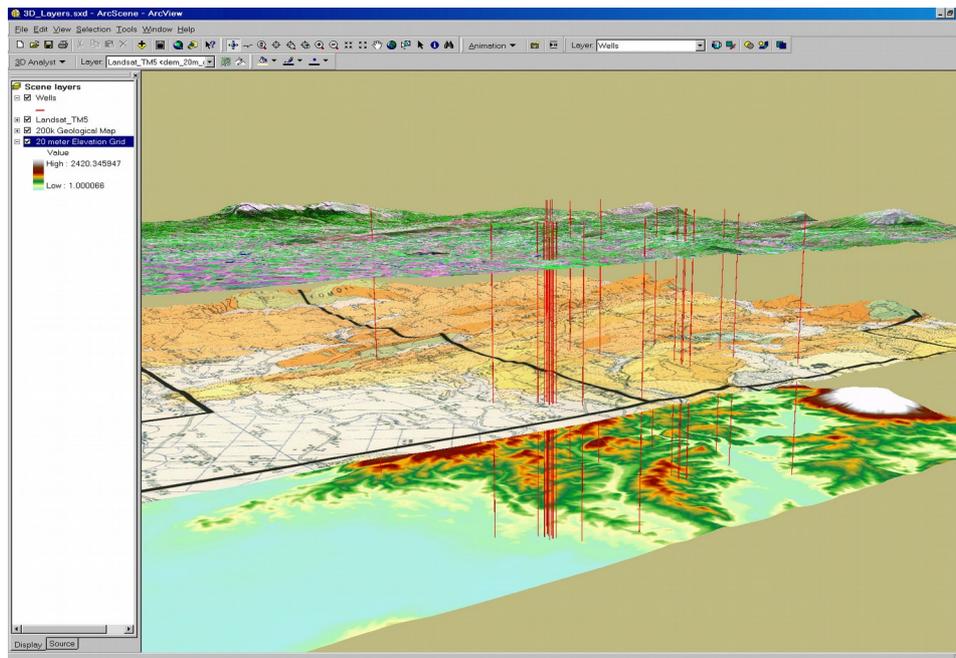
En la situación típica de los municipios españoles, el concesionario está obligado, entre otras cosas, a actualizar en su caso los planes generales de la red de distribución que le facilite la propiedad, así como los de detalle que se considere preciso, en los que figurarán todos los datos de dimensiones y situación de tuberías, válvulas, bocas de riego, de incendio, pozos, etc.

En este contexto, también es responsabilidad suya confeccionar la cartografía de las infraestructuras del servicio, en un Sistema de Información Geográfica (en adelante SIG, o GIS, de sus siglas en inglés). La referida cartografía deberá realizarse con los datos que facilite el Ayuntamiento, complementadas con acciones sobre el terreno necesarias para la correcta definición de los planos.

El sistema GIS tendrá capacidad, como mínimo, para el registro de averías, auscultaciones de la red, selección de válvulas a accionar ante una avería, generación de polígonos de corte, exportación a ficheros DWG y exportación a programas de simulación de redes hidráulicas.

Los planos de las redes se conservarán actualizados en las oficinas del servicio y estarán a disposición de la propiedad. Asimismo, cuando se efectúen rectificaciones o ampliaciones de cierta importancia, se entregará por el concesionario a la propiedad una nueva copia que recoja estas ampliaciones o rectificaciones y, en cualquier caso, anualmente o cuando sea solicitada por el servicio municipal.

En la cartografía figurarán las dimensiones y situación de tuberías, depósitos, estaciones de bombeo, etc. Estos planos deben estar actualizados en las oficinas del Servicio y a disposición de la propiedad.



*Figura III-1: Captura de pantalla de software GIS comercial.*

## 1.5. PLAN DIRECTOR DE ABASTECIMIENTO

El concesionario es responsable de redactar, en colaboración con los servicios técnicos de la propiedad, un Plan Director de Abastecimiento de Agua Potable y de mantenerlo durante la vigencia del contrato.

El Plan Director tiene como objetivo fundamental convertirse en un elemento básico de planificación de tal forma que, a partir de las inquietudes necesarias actuales, prepare el sistema de abastecimiento para afrontar con garantías los distintos escenarios previstos (crecimiento urbanístico, deterioro de las infraestructuras, etc.) durante el corto, medio y largo plazo.

## 1.6. TELECONTROL DE LAS INSTALACIONES

El concesionario deberá implantar un sistema de telecontrol que realice, entre otras, las siguientes funcionalidades:

- **Registro en continuo** de parámetros de funcionamiento de los equipos e instalaciones.
- **Operación remota** de accionamiento y control de los equipos.
- **Histórico** de datos y generación de informes.
- **Supervisión** de procesos.

- Generación de **alarmas**. El sistema debe permitir la generación de alarmas con la información recibida de las instalaciones. Dispondrá también de la funcionalidad de envío de alarmas a los operadores mediante mensajes SMS y de correo electrónico.
- **Informe** de alarmas: resumen de las alarmas acaecidas y atendidas.
- **Clientes en movilidad**. El sistema permitirá el acceso desde clientes instalados en tabletas o teléfonos para realizar las tareas de operación remota de los equipos y supervisión de procesos. Dispondrá de al menos 2 licencias concurrentes para clientes en movilidad.

El sistema se construirá utilizando productos informáticos comerciales de fabricantes de reconocido prestigio. No se admitirán en ningún caso desarrollos en los programas base que afecten a su integridad o derechos de propiedad que, en última instancia, pertenecen al Ayuntamiento.



*Figura III-2. Ejemplo de puesto de control de las infraestructuras de abastecimiento de agua potable.*

## 1.7. GESTIÓN DEL PARQUE DE CONTADORES

Aunque actualmente conviven distintos métodos de lectura, el concesionario implantará un sistema de lectura remota de los contadores ubicados en el interior de las viviendas y locales, contando con que habitualmente éstos no son accesibles con regularidad por parte de los operarios encargados de las lecturas por no estar situados en zonas comunes del edificio. El citado sistema consistirá en la instalación de contadores con sistemas electrónicos que transmitan mediante señal de radio o cable la lectura del contador, así como informaciones adicionales que pudieran ser de interés relativas al estado de la batería o alarmas que adviertan del correcto funcionamiento del equipo.

Los datos pueden ser obtenidos mediante distintos sistemas ("*drive-by*", "*walk-by*" o red fija, entre otros), situándose un lector bien en las cercanías del contador o bien con un dispositivo que emita la lectura vía radio a la central, pero siempre sin entrar en el interior de la vivienda o local. Bien mediante equipo informático portátil o desde central, se obtendrá vía radio o cable los datos generados por los diferentes contadores. Las lecturas obtenidas serán utilizadas para la facturación trimestral.

Los contadores deberán tener la correspondiente homologación para la facturación de agua fría. En el caso de transmitir los datos vía radio los equipos de comunicaciones utilizados deberán funcionar en frecuencias de libre uso.

## **1.8. SISTEMA DE CONTROL DE FUGAS**

El sistema de telecontrol previsto por el concesionario deberá disponer de un sistema que permita el control continuo de los caudales nocturnos inyectados en la red que permitan de una forma indirecta una rápida actuación ante fugas en la red. Éste deberá incorporar:

- Gestión de datos históricos de caudales nocturnos.
- Posibilidad de fijar valores objetivos de caudal nocturno.
- Sistema de alarma ante variaciones del caudal nocturno.
- Sistema de alarma ante variaciones instantáneas del caudal y/o presión.

Para la detección temprana de fugas en la red de distribución el concesionario también deberá instalar:

- Un sistema que permita la transmisión remota de los caudales suministrados a cada uno de los sectores en los que esté dividida la red de distribución.
- Al menos 4 estaciones remotas integradas en el sistema de telecontrol de abastecimiento en diferentes puntos de la red de distribución que permitan el seguimiento de caudal y/o presión y que ante variaciones significativas de las mismas genere alertas por posibles fugas en la red.

El concesionario dispondrá de equipos especializados para la localización y control de fugas sobre el terreno, así como medios de corrección eficientes de tales incidencias, los cuales serán descritos y justificados adecuadamente en la oferta.

## **1.9. RELACIÓN CON LOS USUARIOS DEL SERVICIO**

Con respecto a los usuarios del servicio, el concesionario será responsable:

- De las relaciones con los promotores o solicitantes que deseen una conexión a la red de abastecimiento de agua.
- De la contratación de suministro por los usuarios.
- De la puesta al día y mantenimiento de un fichero de abonados informatizado.
- De la confección de los padrones y recibos por los conceptos y tarifas vigentes.
- Del cobro de los recibos emitidos por agua, así como por los demás conceptos relacionados con el servicio.
- De la correspondencia a los abonados. El concesionario deberá informar al Ayuntamiento de las particularidades de las relaciones con los abonados, principalmente en lo referente a reclamaciones.
- De la instalación de las acometidas de abastecimiento y de su conservación.
- El concesionario tendrá a disposición de los usuarios un libro de reclamaciones.

Los precios por prestación del servicio, así como los impuestos que puedan gravar las operaciones realizadas, serán pagados por los abonados por períodos de facturación, bien mediante domiciliación bancaria de recibos, bien mediante ingreso, sea en entidad bancaria, sea en las oficinas del concesionario, de las notificaciones de los recibos o facturas que aquella remita. En todo caso el concesionario deberá posibilitar la consulta detallada de los recibos cobrados mediante domiciliación.

El periodo de facturación es, como regla general, de frecuencia trimestral, salvo en el caso de los grandes consumidores, en que se puede determinar un período de facturación más bajo, normalmente mensual. En todo caso se debe procurar que la toma de las lecturas de consumos se efectúe con una periodicidad máxima de noventa días o, en su caso, de treinta.

## **1.10. CONTINUIDAD DEL SERVICIO**

El concesionario deberá garantizar que las actividades objeto del servicio se prestarán ininterrumpidamente durante todo el año, las 24 horas del día. No obstante, podrá interrumpirse el servicio de modo esporádico en caso de fuerza mayor, comunicándolo a los usuarios y a la propiedad en los casos que se especifican a continuación:

- Debido a refuerzos y ampliaciones de las redes de distribución e instalaciones de acometidas.
- Debido a paros de urgencia, para atender la reparación de averías en las instalaciones. En este caso, se deberá avisar a la propiedad con la mayor brevedad posible.
- Los debidos a la insuficiencia de los caudales para el abastecimiento por causas no imputables al concesionario.

En cualquier caso, cuando se tengan que realizar trabajos en los que sea precisa la interrupción del suministro, el concesionario procurará con todos los medios a su alcance que el número de abonados afectados sea el más reducido posible, así como de minimizar el tiempo de interrupción del servicio.

En los cortes previsibles y programados, el concesionario deberá avisar a los usuarios como mínimo con 24 horas de antelación a través de, al menos, uno de los medios de mayor difusión de la localidad. En caso de no poder hacerlo a través de los medios de comunicación, deberá darle publicidad por otros medios a su alcance con la suficiente antelación, de tal forma que quede garantizada la información del corte de suministro.

Cuando tengan lugar circunstancias de sequía, escasez de caudales de agua o dificultades del tratamiento lo aconsejen, el concesionario podrá imponer restricciones en el suministro a los abonados, siempre con la autorización previa de la propiedad.

En este caso, el concesionario informará a los abonados de las medidas, a través de los medios de comunicación, o de la forma que en cada momento resulte más útil y práctica.

### **1.11. SISTEMA DE ATENCIÓN PERMANENTE**

El concesionario está obligado a mantener durante las 24 horas del día (incluidos sábados, domingos y festivos) un sistema personal de recepción de avisos destinado a atender las quejas, reclamaciones y avisos de los usuarios del servicio. Dicho servicio de guardia deberá estar conectado permanentemente con los equipos y brigadas de trabajo encargadas de la conservación y reparación de las redes e instalaciones del servicio.

### **1.12. RÉGIMEN ECONÓMICO DEL SERVICIO**

La retribución prevista deberá ser calculada de modo que permita, mediante una buena y ordenada administración, amortizar durante el plazo de la concesión el coste de establecimiento del servicio y demás inversiones y cubrir los gastos de explotación y un margen normal de beneficio industrial.

La retribución estará compuesta por:

- Las tarifas vigentes en cada momento para el servicio a percibir directamente de los usuario, incluyendo los derechos de enganche de nuevas altas en el servicio de agua.
- Las subvenciones que el Ayuntamiento u otras administraciones u organismos otorguen, en su caso.

En lo que respecta a las tarifas, éstas se suelen dividir o desglosar en los siguientes términos o en sus conceptos equivalentes:

- **Cuota de servicio y mantenimiento.** Es la cantidad fija que deberán abonar los usuarios por la disponibilidad del servicio, independientemente de que hagan uso o no del mismo, así como el mantenimiento realizado por la prestador de los aparatos de medida.
- **Cuota de consumo.** Es la cantidad variable que abona el usuario y cuya base imponible está constituida por el consumo de agua expresado en metros cúbicos.
- **Derechos de acometida.** Es la tasa que deberán abonar los solicitantes de una acometida a la red de abastecimiento, para compensar el valor de las inversiones a realizar tanto para que ésta pueda llevarse a cabo como para las ampliaciones, modificaciones o reformas y mejoras del sistema de abastecimiento.

La cuota única a satisfacer por tal concepto suele venir determinada en función del diámetro de la acometida ejecutada. Esta cantidad suele ser fija para cada diámetro y cuyo importe se determina anualmente por las ordenanzas municipales correspondiente.

En algunos casos, cuando la ejecución material de la acometida se lleva a cabo por el peticionario de la misma, con autorización del prestador, y por instalador autorizado por aquella, se suele deducir una cantidad del importe total a abonar en concepto de derechos de acometida.

Los derechos de acometida, serán abonados una sola vez, y una vez satisfechos, quedarán adscritos a cada una de las instalaciones, viviendas, locales, etc, para los que se abonaron, aun cuando cambie el usuario de las mismas.

La ampliación de sección de una acometida preexistente, solicitada por un abonado, devengará una cantidad equivalente al importe de las obras ejecutadas, valoradas con arreglo a los precios públicos aprobados por la propiedad.

- **Derechos de contratación.** Son las tasas que deberán satisfacer los solicitantes del suministro de agua, para sufragar los costes de carácter técnico y administrativos derivados de la formalización del contrato, además del importe del contador a colocar y los

costes de su instalación. Su importe se establecerá anualmente en las ordenanzas municipales correspondientes.

- **Servicios específicos.** Tendrán tal consideración aquellas actuaciones que el prestador del servicio realice al abonado de una forma ocasional tales como reparaciones de averías con cargo al abonado, reformas, ampliaciones, fugas en instalaciones de propiedad del abonado, etc. La cuota vendrá determinada por el importe de los trabajos realizados, valorado conforma a los precios públicos aprobados por la propiedad.

Por último, la propiedad debe comprometerse a **mantener el equilibrio financiero** del contrato en los términos establecidos en los pliegos y demás normativa aplicable.

## 2. ÁREAS FUNCIONALES

Las áreas funcionales de la empresa constituyen las diversas actividades específicas en las que se puede dividir la actividad global de la empresa concesionaria del servicio. Generalmente un prestador de servicios de abastecimiento de agua potable está dividido en tres grandes áreas funcionales: el **departamento de administración**, el **departamento técnico** y el **laboratorio de control de calidad de agua de consumo**.

El resto de funciones básicas de una organización (departamentos jurídico, de recursos humanos, de calidad y medio ambiente, de prevención de riesgos laborales, etc.) se incorporan a la estructura matriz de la empresa concesionaria y son compartidos por todos los contratos adjudicados a la sociedad concesionaria. Dada su naturaleza generalista, dichos departamentos no se han considerado en la enumeración de características y funciones de las distintas áreas que aparecen a continuación. No obstante, prestan un apoyo fundamental al desarrollo normal de la actividad del prestador del servicio.

Por ejemplo, la empresa matriz normalmente realiza de forma centralizada el seguimiento de las revisiones médicas y vacunaciones de los operarios, formación de los mismos en materia de seguridad y salud, evaluación de riesgos, plan de prevención, de emergencia de las instalaciones y planes de autoprotección.

La figura de la **Jefatura del Servicio**, a cargo de la dirección y coordinación del servicio, es de especial relevancia y, como tal, merece un apartado dedicado exclusivamente a enumerar sus funciones, responsabilidades y tareas de gerencia.

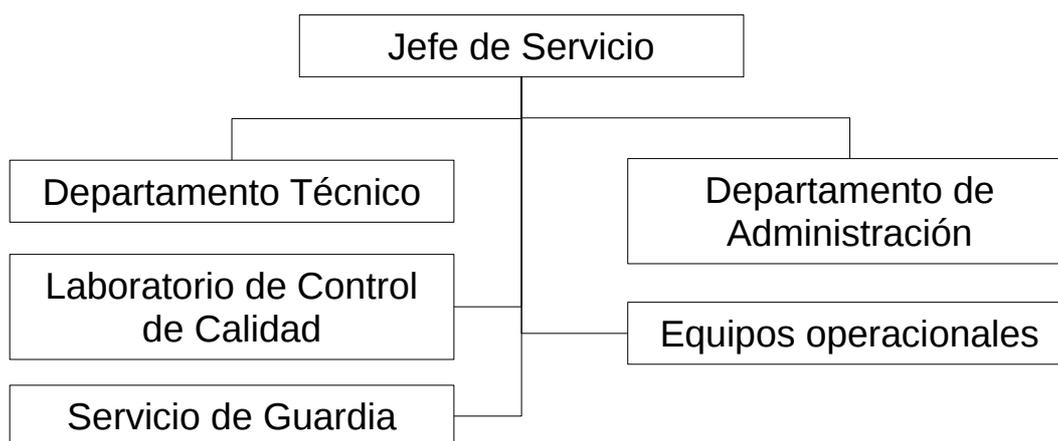
Por otro lado, de especial interés resulta el **servicio de guardia** permanente del que debe disponer el servicio. Dicho servicio, formado por los operarios y técnicos que se considere necesario en función de las características del municipio, puede ser compartido también por

distintas explotaciones, especialmente si existe cierta proximidad geográfica con otros contratos de concesión adjudicados a la empresa. Sin embargo, la diferencia fundamental con respecto a los departamentos integrados en la estructura matriz de la empresa, es que, desde un punto de vista legal y formal, el servicio de guardia está adscrito directamente al servicio y así se requiere en la mayoría de pliegos de condiciones técnicas y de cláusulas administrativas de los contratos.

En el caso de que el servicio de guardia sea compartido por distintos municipios se crearán, evidentemente, economías de escala que supondrán un ahorro de costes significativo en la sociedad concesionaria, pero el servicio de guardia, en todo caso, es una obligación contractual para el prestador y debe considerarse como tal.

La Figura III-3 representa un organigrama típico del servicio y que representa gráficamente las estructuras departamentales mencionadas y las relaciones jerárquicas y competenciales propias de la explotación de este servicio.

*Figura III-3: Esquema básico de la organización de un servicio de abastecimiento domiciliario de agua potable.*



*Figura III-4. Organigrama tipo del servicio de abastecimiento de agua potable de un municipio.*

## 2.1. JEFATURA DE SERVICIO

Está integrada por un Encargado o Jefe del Servicio, con dedicación a total o tiempo parcial localizable las 24 horas del día.

La principal tarea del Jefe del Servicio es, en estrecha colaboración con la propiedad, responsabilizarse de la gestión técnica y económica del contrato, y supervisar personalmente las diferentes áreas y departamentos en los que esté organizado el servicio. Es responsable directo ante la propiedad del adecuado funcionamiento, en todas sus vertientes, del servicio.

Mantendrá, en consecuencia, reuniones periódicas con el personal correspondiente del Servicio Municipal de Aguas con los que se comentarán todos los eventos relevantes acaecidos en el Servicio.

Sin carácter exhaustivo, a continuación se indican algunas responsabilidades de la jefatura de servicio:

1. Ejercer de interlocutora ante la propiedad y demás organismos oficiales.
2. Proponer las mejoras que considere necesarias para optimizar el funcionamiento del sistema de distribución.
3. Llevar a cabo el control administrativo y la gestión del personal adscrito.
4. Responsabilidad del buen funcionamiento y mantenimiento en estado adecuado de las instalaciones.
5. Relaciones con las asistencias técnicas designadas por la propiedad.
6. Realización de los planes de mantenimiento y ajuste de los parámetros de proceso para obtener el máximo rendimiento de las instalaciones.
7. Fijación de las líneas maestras de mantenimiento, elaboración de los Planes de explotación y mantenimiento y control de su realización.
8. Acompañar a las visitas autorizadas expresamente por la propiedad.
9. Relaciones laborales con la plantilla. Cuidar que cada empleado conozca sus funciones y posea el correspondiente entrenamiento para su cumplimiento. En ausencia de éste, cumplirá las funciones de Jefe de Seguridad y Salud.
10. Relaciones de todo tipo con las contratistas que se puedan efectuar.
11. Emitir las órdenes de trabajo que considere oportunas para mejorar los planes de mantenimiento y conservación.
12. Guardar, coordinar y canalizar toda la información generada, como los informes de explotación, mantenimiento, laboratorio, stock de repuestos, etc. Así mismo realizará los informes mensuales de explotación que se remitirán a la propiedad como a las empresas encargadas del control de la explotación.
13. Será el encargado de la solicitud de pedidos de materiales y elementos, así como de la elaboración de los presupuestos que determine el Ayuntamiento.
14. Interpretar los ensayos analíticos realizados.

15. Relación con la dirección del centro de formación de de la matriz de la sociedad, coordinación de todas aquellas actividades educativas que tanto el centro, como la propiedad estimen convenientes.

16. Llevar el control contable de la explotación y auditar periódicamente la gestión del sistema.

## 2.2. DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACIÓN

La actividad del Departamento de Administración del servicio puede dividirse en dos áreas: la formada por aquellas actividades que son propias de todo departamento de administración de una empresa y aquella formada por las actividades propias de un servicio de abastecimiento domiciliario de agua potable. Dentro de las primeras hay que distinguir, a su vez, entre aquellas actividades para las cuales la estructura de la empresa matriz puede prestar apoyo y aquellas que desempeña directamente el personal administrativo adscrito al servicio.

Dentro de la primera área, puede la actividad del Departamento Administrativo como aquella que tiene como objetivo implementar los procedimientos que permitan gestionar la administración financiera del Servicio, fundamentalmente en los procesos presupuestarios, de contabilidad y de administración de fondos, conjuntamente con el soporte logístico y de infraestructura necesarios para el normal desarrollo de las actividades del Servicio.

Por tanto, pueden considerarse que algunas de sus funciones principales son:

- Elaboración del Presupuesto.
- Seguimiento del Presupuesto de Gastos.
- Gestión y seguimiento de los Ingresos y cobros.
- Elaboración de los estados contables y de la información económica.
- Elaboración de las declaraciones fiscales, con apoyo de la estructura matriz de la empresa.
- Realización de los pagos, seguros y atención a proveedores.
- Gestión de la Tesorería.
- Auditorías e Inspecciones.

Por otro lado, las actividades específicas relacionadas con la gestión del servicio en cuestión incluyen:

- La elaboración y confección de las nóminas del personal adscrito al servicio.
- La formalización de la contratación del suministro de agua potable de todo usuario del servicio. El modelo de contrato de suministro de agua puede venir impuesto por la propiedad o no, pero en cualquier caso debe incluir las condiciones específicas de

abastecimiento recogidas en la reglamentación vigente y/o acuerdos municipales alcanzados.

- El mantenimiento del fichero de abonados en el que habrán de constar las características de los usuarios que cada uno tenga concedidas.
- La tramitación de las altas y bajas de los usuarios del servicio, con arreglo a los procedimientos legales y administrativos establecidos con anterioridad.
- La confección de los padrones o relaciones de los usuarios y los correspondientes recibos periódicos sobre la base de tarifas y tasas vigentes en cada momento.
- El cobro de recibos en base a las tarifas del servicios y las tasas e impuestos que sean de aplicación.
- Proporcionar información a los usuarios del servicio sobre los escritos o reclamaciones que formulen los interesados.
- Gestionar la oficina de atención al público, en horario comercial o en aquel que haya sido pactado con la propiedad, así como de la parte administrativa de la oficina virtual.

## **2.3. DEPARTAMENTO TÉCNICO**

Dependiente de la Jefatura de Servicio, el Departamento Técnico ejerce el papel de departamento de producción típico de toda empresa y sus actividades incluyen, entre otras, el establecimiento de los métodos de trabajo, el análisis y control del servicio, el control de inventarios y producción o el control de calidad.

El Departamento Técnico es aquél en el que se gestiona y controla el material de trabajo, se determina la secuencia de las operaciones, las inspecciones y los métodos, se solicitan las herramientas, se asignan tiempos, se realiza la programación, distribución y control de los trabajos y, en última instancia, se logra la satisfacción del abonado del servicio.

Además, es el departamento responsable de proyectar y planificar las obras de rehabilitación o de ampliación necesarias en las diversas instalaciones para optimizar y mejorar su funcionamiento.

Algunas de las funciones más específicas del departamento incluyen:

- La gestión del sistema de telecontrol para gestionar las redes de agua potable, alcantarillado y estaciones depuradoras.
- La definición y mantenimiento de la cartografía, redacción de proyectos de obra y del Plan Director de Abastecimiento de Agua Potable.

- El uso, gestión y utilización de equipos avanzados de prelocalización y localización de fugas.
- Equipos de rehabilitación y sustitución de tuberías.
- Sistemas de información geográfica de soporte a la gestión y planificación del ciclo integral del agua.
- La optimización energética de explotaciones.
- La redacción del Plan de Mantenimiento de todos los elementos del sistema.

Es también su responsabilidad la realización de tantos estudios de ingeniería como sean necesarios para dar respuesta a los grandes desafíos que comporta el planteamiento y diseño de estas infraestructuras y las crecientes demandas sociales. Son muchas las perspectivas y factores que deben considerarse (de tipo técnico, económico, social, medioambiental e incluso político) y que es necesario reunir en un enfoque holístico que aborde de manera integrada y consistente los desafíos planteados.

Sin carácter excluyente, a continuación se citan algunos estudios que son de especial interés para la explotación de un servicio municipal de abastecimiento de agua y responsabilidad directa del Departamento Técnico, todos ellos orientados, de una forma u otra, a la persecución de la tan ansiada eficiencia y eficacia para la explotación y gestión del servicio y al cumplimiento de los objetivos estratégicos, tácticos y operacionales de la sociedad concesionaria.

### **2.3.1. AUDITORÍA HÍDRICA Y ENERGÉTICA**

La sostenibilidad y el consumo racional de recursos naturales encabezan el catálogo de preocupaciones de este último siglo. Los sistemas de transporte de flujo a presión consumen mucha energía y sufren pérdidas de agua que es imprescindible minimizar. El incremento del estrés hídrico, la falta de suministros de agua y las limitaciones actuales de fuentes de energía, refuerzan de manera clara y patente esta necesidad. Ambas perspectivas, hídrica y energética, forman parte de un problema acoplado que no puede analizarse de manera aislada, ya que unas variables y otras dependen entre sí. Es lo que se conoce como el nexo agua y energía.

El conjunto de medidas operacionales y estructurales a llevar a cabo para la mejora de estos sistemas, en términos de uso eficiente del agua y de la energía, solamente se pueden deducir a partir de un proceso ordenado de diagnóstico, análisis e identificación de posibilidades de mejora. En este contexto, las auditorías hídrica y energética son una componente básica para todas estas etapas e imprescindibles para tener un conocimiento exhaustivo de cómo se utilizan ambos recursos y de las posibilidades de ahorro que ofrece el uso actual.

En definitiva, la auditoría hídrica y energética permite conocer con precisión los usos finales y, por tanto, localizar las mayores pérdidas (fugas, fricción, bombeo, etc.) e identificar las mayores bolsas de ahorro, lo que permite plantear las inversiones de la manera más ventajosa desde el punto de vista técnico y del balance coste/beneficio. En general, salvando los grandes abastecimientos españoles, las redes de abastecimiento urbano sufren grandes deficiencias en este sentido, por lo que los márgenes de mejora suelen ser notables y los márgenes de ahorro sustanciales.

### **2.3.2. ESTUDIO DE FENÓMENOS TRANSITORIOS**

Aunque el análisis en régimen permanente permite realizar un primer dimensionamiento de las infraestructuras hidráulicas, es necesario analizar estrategias de protección de todas las instalaciones frente a fenómenos transitorios. Ninguna instalación queda exenta de estas situaciones y ningún proceso de diseño puede concluir con el estudio del régimen permanente.

La modelación de los transitorios hidráulicos permite actuar sobre situaciones inesperadas que puedan dañar la infraestructura de manera irremediable (parada súbita de estaciones de bombeo, maniobra de válvulas, oscilaciones bruscas en la demanda, etc.). Dichas situaciones pueden producir fuertes sobrepresiones y depresiones en la instalación y requieren realizar un complejo estudio que garantice la integridad física de todos los elementos de la instalación.

### **2.3.3. MODELIZACIÓN MATEMÁTICA DE REDES**

El modelo de una red de distribución de agua es una herramienta de soporte a la decisión que condiciona en gran medida la calidad del servicio ofrecido y que contribuye de manera fundamental a la mejora de la capacidad de diagnóstico, al proceso de detección de vulnerabilidades y a la planificación de actuaciones en infraestructuras hidráulicas existentes o por ejecutar.

Por otro lado, los modelos son una herramienta de trabajo imprescindible, ya que permiten representar el funcionamiento de la red de distribución de agua y analizar situaciones con grandes implicaciones técnicas, sociales y medioambientales. Por ejemplo, permiten realizar estudios de la calidad del agua suministrada, de la eficiencia de suministro y del consumo energético de la red.

Es fundamental conseguir que los sistemas de información de la empresa estén alineados con la modelización matemática de la misma. La tendencia del mercado es a acudir a soluciones de software de SIG que exporten directamente las redes de distribución a programas de simulación hidráulica, normalmente EPANET.

### **2.3.4. PLANIFICACIÓN Y DISEÑO DE ACCIONES DE REHABILITACIÓN Y CONSTRUCCIÓN**

El diseño de servicios de agua potable, de riesgo y de agua industrial es una tarea compleja en la que es necesario hacer intervenir complejos procesos de análisis y cálculo que permitan alcanzar el óptimo que satisfaga unos determinados requisitos con el mínimo nivel de riesgo. Para ello, se requiere la utilización de métodos funcionales y económicos y recurrir a formulaciones matemáticas contrastadas que permitan obtener soluciones de proyecto eficientes y que aseguren la fiabilidad del diseño.

### **2.3.5. USO EFICIENTE DEL AGUA**

El agua es un elemento indispensable para garantizar el desarrollo humano y nuestro bienestar. Esta afirmación lleva en ocasiones a relacionar un mayor consumo de agua con una mejor calidad de vida. Sin embargo, lo que proporciona desarrollo y bienestar no es la cantidad de agua gastada, sino el uso que se hace de ella.

Se debe tener en cuenta que el agua no solo se necesita para cubrir los usos domésticos, sino que esas mismas fuentes deben compartirse con la industria, la agricultura, los usos turísticos y de recreo, etc. pero sobre todo con la naturaleza, donde desempeña un papel vertebrador.

En definitiva, disminuir el consumo de recursos naturales significa ahorrar dinero, reducir la huella hídrica y medioambiental del servicio y, sobre todo, garantizar el futuro de las generaciones venideras.

En este contexto, es responsabilidad del departamento técnico realizar cuantos estudios, campañas de divulgación y bonificación por consumo eficiente de los abonados que sean necesarias para perseverar en el objetivo de reducir el consumo de agua.

### **2.3.6. CONTROL ACTIVO DE FUGAS**

Las fugas son uno de los temas cruciales que se deben abordar para mejorar la eficiencia y eficacia de los servicios de abastecimiento de agua. El nuevo contexto para las empresas de agua en el S.XXI, determinado por el cambio climático y las necesidades cambiantes de la sociedad, ha mostrado la obligación de preparar planes de gestión eficiente para las redes de distribución de agua, orientados a mejorar sustancialmente su operación y, especialmente, a disminuir los volúmenes de agua fugada.

## **2.4. LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DEL AGUA**

El laboratorio es un centro de referencia que garantiza la óptima calidad del agua suministrada en el municipio cuyo servicio de abastecimiento de agua potable es objeto de explotación. Realiza

todo tipo de análisis de control, presta asesoramiento y lleva a cabo investigación aplicada sobre cualquier tema relacionado con la calidad de las aguas.

El laboratorio lleva a cabo una vigilancia continua del agua suministrada, controlando todos los parámetros exigidos por la legislación nacional y europea, pudiendo completarse con una serie de parámetros avanzados no regulados, para un control aún más completo del agua servida a los habitantes. Todos los parámetros controlados se determinan mediante metodologías acreditadas.

De particular interés resulta la introducción de los datos de análisis de agua en el Sistema de Información Nacional de Aguas de Consumo (en adelante, SINAC). Como su propio nombre indica, el SINAC es un sistema de información sanitaria que actualmente se apoya en una aplicación informática a través de Internet, gestionando datos sobre las características de las zonas de abastecimiento y sobre la calidad del agua de consumo humano en España. Según la legislación vigente, es una obligación del prestador la introducción de toda la información relevante de calidad del agua en esta plataforma.

Desde un punto de vista puramente administrativo, el laboratorio debe cumplir con los requisitos establecidos en el artículo 16 del Real Decreto Legislativo 140/2003, de 7 de febrero, y estar autorizado según lo dispuesto en el Decreto 219/1999, de 9 de noviembre, sobre autorización, reconocimiento de la acreditación y registro de laboratorios en el ámbito de la salud pública.

## **2.5. EQUIPOS OPERACIONALES**

Los equipos operacionales aportan la formación y experiencia necesaria para responsabilizarse de la ejecución de los trabajos asignados, de la optimización de operación y mantenimiento de las instalaciones, de la toma de muestras según estricto cumplimiento de la reglamentación vigente, etc.

La Jefatura de Servicio ejerce normalmente como responsable directa de sus atribuciones en la área de explotación del servicio, desde el punto de vista operativo y funcional, por lo que debe supervisar el ritmo de realización de los trabajos en curso, de las hipotéticas necesidades o reclamaciones, de su coordinación con las directrices marcadas por el Jefe del Servicio, etc.

El resto de personal especialista se encarga de la operación, vigilancia y el mantenimiento de los sistemas de captación y producción de agua potable, para lo que actuará sobre las aducciones, depósitos, estaciones de bombeo, sistemas de telecontrol, etc.

Entre las obligaciones diarias se encuentran también la de la toma de aquellas muestras de agua en captaciones que determine la reglamentación técnico sanitaria de aplicación (Real Decreto

Legislativo 140/2003, de 7 de febrero). Así mismo, se encargarán de realizar los trabajos de mantenimiento y conservación de las redes de agua potable.

Se responsabilizarán de la instalación de las acometidas y/o contadores correspondientes a todas las altas en el Servicio, así como del mantenimiento del parque de contadores.

Por otro lado, apoyados normalmente por contratistas locales, llevarán a cabo las pequeñas obras de apertura de zanjas en las actuaciones programadas del servicio, y la reposición urgente del pavimento en todos los casos.

El servicio suele contar en realidad con la participación diaria de unos recursos muy superiores a los aquí expuestos, por lo que en muchas ocasiones resultará imprescindible recurrir a la contratación de medios auxiliares de empresas especializadas de la propiedad, además de los medios de apoyo que la sociedad concesionaria ponga a disposición de la misma.

Por lo general, los equipos operacionales realizan tareas que, por acumulación o por su grado de especialización, obedecen generalmente a la reparación de bombas y la revisión de centros de transformación, la reposición de firmes tras la realización de trabajos en la vía pública, la ejecución de obra civil en pequeñas canalizaciones, el suministro de cloro, etc. Este tipo de actuaciones características se realiza con empresas especializadas con las que se tiene contratado el servicio incluso fuera de jornada laboral, lo que garantiza la asistencia inmediata ante cualquier eventualidad, proporcionando mayor calidad y garantía de prestación del servicio de agua potable.

## **2.6. SERVICIO DE GUARDIA**

Los servicios de abastecimiento domiciliario de agua potable disponen habitualmente de un servicio de guardia permanente, en colaboración continua con los servicios técnicos del Ayuntamiento, policía municipal y bomberos, en caso de que se produzcan anomalías en el servicio de saneamiento y abastecimiento fuera de la jornada laboral ordinaria. Como consecuencia, la Jefatura de Servicio estará localizable las 24 horas y los 365 días del año para hacer frente a cualquier incidencia o eventualidad que se produzca en el servicio.

Su actividad fundamental incluye:

- La subsanación de anomalías en el buen funcionamiento de la red de abastecimiento de agua potable.
- La colaboración con bomberos y policía municipal en caso de inundaciones, socavones, etc.

El servicio de guardia será el encargado de recibir las llamadas de aviso de averías o incidentes ocurridos dentro de las redes de saneamiento o abastecimiento. Estos serán los encargados de

poner en funcionamiento el servicio de retén del cual son partícipes todos los trabajadores adscritos al servicio.

### 3. PERFILES, ROLES Y TIPOS DE USUARIOS

Desde un punto de vista de los sistemas de información de la empresa, la definición del tipo de funciones que cada usuario va a realizar en el sistema es una tarea fundamental. Al fin y al cabo, los sistemas de información deben estar a disposición de un amplio rango de profesionales y de usuarios. Cada individuo y sus circunstancias son diferentes y requieren de material específico y vehículos de comunicación que permitan realizar sus tareas de una manera óptima. La información, según esté dirigida a técnicos del servicio o a sus beneficiarios directos – los abonados – se debe presentar de manera radicalmente diferente porque necesita adaptarse a los objetivos propios de cada colectivo.

La estrategia de comunicación de la información debe estar presente en todos los procesos del sistema de información del servicio, con claros objetivos y público objetivo, de tal forma que los datos queden ordenados de la manera más eficaz posible y no suponga ninguna traba al desarrollo normal en la prestación del servicio. Los sistemas de información de la sociedad concesionaria no deben entenderse en ningún momento como un mero vehículo de almacenamiento de información sin ningún objetivo concreto, sino que debe ser adaptado y moldeado para servir a los objetivos toda persona involucrada en el servicio.

Para conseguirlo, este apartado define y detalla el perfil de cada usuario, su papel, necesidades y funciones propias. Para ello, se ha dividido el estudio en cinco perfiles diferentes:

- Abonados
- Administrativos
- Técnicos
- Gestores
- Operarios
- Propiedad

En algunos casos, las fronteras entre los distintos perfiles pueden ser borrosas, por lo que no deben entenderse con perfiles herméticos y completamente independientes unos de otros. Por ejemplo, el linde entre técnico y gestor puede estar a menudo confundido y el gestor realizar tareas propias de ingeniería hidráulica cuando se trata de municipios de pequeño tamaño. El

estudio de las necesidades y expectativas de cada grupo es también necesario porque muchas tareas en un servicio de agua se abordan de manera transversal. Existen múltiples puntos de trabajo común y la integración es esencial para garantizar la solución de problemas y el planteamiento de soluciones.

### **3.1. ABONADOS**

Los abonados, beneficiarios últimos del servicio, está formado por un amplio abanico de personas, de distinta procedencia y nivel educativo diferente. Además, su interés por el servicio y su funcionamiento puede ser completamente diferente. Debe asumirse por tanto que su conocimiento técnico es nulo o no cabe esperar que lo tengan. Por tanto, de forma general, el contenido específicamente dirigido a los abonados debe estar exento de vocabulario excesivamente científico o técnico.

Una de las tareas más importantes del explotador es el de proporcionar información pública para cualquier agente interesado en el servicio y llevar a cabo acciones para aumentar el nivel de educación y concienciación en el uso del agua y su coste económico y medioambiental asociado.

El explotador debe facilitar material multimedia, dípticos y hojas de datos específicos para este propósito. De especial importancia es el material multimedia, ya que su difusión ha demostrado ser especialmente eficiente cuando es difundida a través de la oficina virtual del abonado, las redes sociales o páginas web de reproducción de contenido.

Por ejemplo, la integración con las redes sociales puede contribuir a crear campañas de información con un efecto multiplicador; pueden subirse vídeos a la oficina virtual para ofrecer métodos de ahorro a los usuarios; o bien pueden compartirse noticias relacionadas con el servicio del agua para despertar esa concienciación.

En definitiva, la participación ciudadana es vital para que la explotación del servicio siga un proceso de mejora continua. Sin ir más lejos, el pase de encuestas constituye una herramienta vital para recabar la percepción que el abonado tiene del servicio.

Dicho esto, la figura del abonado cuenta con una serie de derechos y obligaciones, al margen de su grado de participación, que es importante destacar y que se detalla a continuación. Son estos derechos y obligaciones los que la empresa concesionaria debe garantizar en todo momento y que son básicos para el correcto funcionamiento del servicio.

#### **3.1.1. DERECHOS**

El abonado del servicio de suministro de agua incluye a cualquier persona física o jurídica que haya contratado el abastecimiento de agua con el suministrador del servicio y reciba éste,

independientemente de su condición de propietario, arrendador, usufructuario o cualquier otro título que le otorgue la ocupación de la finca o domicilio.

Los usuarios tendrán, sin perjuicio de aquellos otros derechos u obligaciones que en relación con situaciones específicas puedan derivarse para ellos, los siguientes:

1. A recibir la prestación del Servicio de conformidad con la normativa aplicable.
2. A disponer del agua en las condiciones higiénicas sanitarias que, de acuerdo con las instalaciones de la vivienda, industria u otras y en función del contrato, sean las adecuadas y de conformidad con la normativa legal aplicable.
3. A la disposición permanente del suministro de agua potable, con arreglo a las condiciones que establecidas previamente y a las específicas que se recojan en la póliza de suministro, salvo avería, causas de fuerza mayor o restricciones derivadas de la escasez de recursos.
4. A que los servicios que reciba se le facturen por los conceptos y tarifas vigentes en cada momento.
5. A que por la entidad suministradora se le tome lectura del equipo de medida que controle el suministro, al menos una vez por período de facturación, siempre que las condiciones de ubicación del contador lo permitan.
6. A que se le formalice, por escrito, un contrato o póliza de abono en el que se estipulen las condiciones básicas según las cuales se le va a prestar el servicio.
7. A la libre elección de instalador autorizado que ejecute las instalaciones interiores, así como el proveedor del material, que deberá ajustarse a las prescripciones técnicas reglamentariamente exigibles.
8. A formular las reclamaciones que crea pertinentes según los procedimientos administrativos y/o legales previamente establecidos.
9. A solicitar de la entidad suministradora las aclaraciones e informaciones sobre todas las cuestiones derivadas de la prestación del Servicio en relación a su suministro, con atención a la Ley de Protección de Datos. Igualmente, tendrá derecho, si así lo solicita, a que se le informe de la normativa vigente que le es de aplicación.
10. A solicitar a la entidad suministradora la información necesaria para ajustar su contratación a las necesidades reales, así como, sobre la instalación de dispositivos reductores de consumo y buenas prácticas de consumo.

### 3.1.2. OBLIGACIONES

Asimismo, el abonado tiene como obligaciones:

1. Tener suscrita, a su nombre, póliza de suministro que justifique la utilización de un bien público escaso como es el agua.
2. Cumplir las condiciones y obligaciones contenidas en dicha póliza de abono.
3. Satisfacer con la debida puntualidad el importe del servicio que se le presta, de conformidad con lo estipulado en la póliza y en la resolución aprobatoria de las tarifas.
4. Abonar las cantidades resultantes de liquidaciones derivadas de error, fraude o avería imputable al abonado.
5. Todo abonado deberá utilizar de forma correcta las instalaciones interiores del inmueble para cuyo abastecimiento haya suscrito póliza de abono, adoptando las medidas necesarias para conservar las mismas en la forma más adecuada y evitar en todo lo posible el retorno a la red pública de cualquier tipo de agua procedente de su instalación interior en cumplimiento de los puntos 2.1.2 y 3.3 de la Sección HS 4 denominada "Suministro de agua" del Código Técnico de la Edificación, o normativa vigente.
6. Cuando en una misma finca exista junto al agua distribuida por la entidad suministradora, agua de otra procedencia, el abonado vendrá obligado a establecer instalaciones interiores independientes por donde circulen o se almacenen por separado las aguas, sin que sea posible que se mezclen las aguas de una u otra procedencia.
7. Todo abonado está obligado a facilitar a la entidad suministradora la colocación de los elementos precisos en la propiedad objeto del suministro, así como a permitir la entrada en el inmueble objeto del suministro, en horas de normal relación con el exterior, al personal acreditado a fin de que pueda efectuar comprobaciones e inspecciones en las instalaciones, lecturas o cambios de contador, y cuantas actuaciones sean de su competencia.
8. Usar el agua suministrada en la forma y para los usos establecidos en la póliza y de conformidad con el diámetro del contador contratado.
9. Los abonados deberán abstenerse de establecer o de permitir derivaciones en su instalación para suministro de agua a otros locales o viviendas diferentes a los consignados en la póliza de abono, no pudiendo suministrar el agua recibida de la entidad suministradora a terceros, sea gratuitamente o mediante precio. Dicha prohibición de

suministrar agua a terceros no será aplicable en los supuestos de que se suministrasen caudales para la extinción de incendios.

10. Igualmente deberá, en interés general y en el suyo propio, poner en conocimiento de la entidad suministradora cualquier avería o perturbación producida o que, a su juicio, se pudiera producir en la red general de distribución de agua.
11. Comunicar a la entidad suministradora cualquier modificación en la instalación interior, en especial nuevos puntos o elementos de consumo que resulten significativos por su volumen.
12. Respetar los precintos colocados por la entidad suministradora o por los organismos competentes de la Administración.
13. No manipular los elementos de la red responsabilidad de la entidad suministradora, haciéndose responsable de los daños que con ello pudiera causar a la propia instalación, a sí mismo o a terceros.
14. Cumplir las órdenes que el Ayuntamiento pueda dictar en situaciones de excepcionalidad o emergencia.
15. Realizar la conservación y reparar las averías que se puedan producir en las instalaciones bajo su responsabilidad.
16. Las demás que se puedan derivar de la legislación vigente.

### **3.1.3. RÉGIMEN SANCIONADOR**

Habitualmente corresponde a la propiedad y a la empresa concesionaria del servicio, de mutuo acuerdo, la imposición de sanciones, de distinta naturaleza y/o cuantía, en función de la gravedad del incumplimiento de cualquier derecho u obligación del abonado. Dichos expedientes deben estar constantemente a disposición del abonado para su seguimiento y alegación, así como para garantizar su acceso a la información y, más específicamente, a los motivos de la sanción.

Algunas de las infracciones que cabe considerar incluyen:

1. El incumplimiento de la normativa sobre ubicación de aparatos de medida, en especial la no cesión del espacio necesario para su instalación.
2. La obstaculización del acceso a los aparatos de medida y control de los consumos.
3. La variación sustancial del régimen de consumos sin notificación previa.
4. La utilización del agua para usos distintos de los contratados.
5. No poner en conocimiento de la entidad suministradora la baja en el suministro.

6. Realizar consumos innecesarios.
7. En general, el incumplimiento por parte de los abonados de cualquiera de las cláusulas contenidas en redes de distribución o acometidas de distribución.
8. Producir retornos de aguas que provengan de instalaciones interiores en la red de distribución.
9. Efectuar derivaciones a terceras personas.
10. Realizar consumos innecesarios en momentos de restricción o especiales dificultades de suministro.
11. La manipulación de los equipos de medida con fines fraudulentos.
12. Causar daños o roturas en conducciones de abastecimiento de agua potable de forma negligente o habiéndose actuado de mala fe.

Las infracciones derivadas de actividades continuadas deben ser objeto de imposición de multas coercitivas, por lapsos de tiempo suficientes para cumplir lo ordenado.

No pueden sancionarse los hechos que hayan sido sancionados penal o administrativamente, en los casos en que se aprecie identidad del sujeto, hecho y fundamento.

La graduación de las cuantías de las sanciones tendrá en cuenta la naturaleza de la infracción, la gravedad del daño producido, la intencionalidad, la existencia de reincidencia, el posible beneficio del infractor, la reincidencia y demás circunstancias concurrentes.

Independientemente de las sanciones de carácter económico que pudieran imponerse y/o demás responsabilidad a que hubiera lugar, podrán adoptarse, según proceda, las siguientes medidas:

1. Ordenar al infractor que, en el plazo que se fije, reponga a su estado original las obras, redes o instalaciones sobre las que ha actuado sin autorización.
2. Ordenar al sujeto responsable que, en el plazo que se fije, introduzca en las obras, redes o instalaciones realizadas, las rectificaciones precisas para ajustarlas a lo autorizado.
3. Requerir al infractor para que, en el plazo que se fije, proceda a reparar los daños causados en las obras, redes o instalaciones del suministro de agua potable.
4. La clausura temporal o definitiva del suministro domiciliario del agua.
5. No suscribir nuevos contratos de suministro con aquellas personas físicas o jurídicas que tengan pendientes la subsanación de infracciones, el abono de sanciones impuestas y/o el pago de la facturación.

Como se ha mencionado con anterioridad, todo el procedimiento debe realizarse de manera transparente y abierta, de manera que se garantice en todo momento los derechos del abonado y su dignidad y privacidad.

### **3.2. ADMINISTRATIVOS**

Los administrativos integran el Departamento de Administración y sus funciones incluyen las de realizar las operaciones de la gestión administrativa de compraventa de productos y servicios, tesorería y personal, así como la introducción de registros contables predefinidos, previa obtención y procesamiento y archivo de la información necesaria mediante los soportes convencionales o informáticos adecuados, siguiendo instrucciones definidas, en condiciones de seguridad, respeto a la normativa vigente y atendiendo a criterios de calidad definidos por la organización.

Aunque muchas de sus tareas y funciones fueron descritas en el apartado sobre el Departamento de Administración, se incluyen las siguientes:

- Realizar las gestiones administrativas del proceso comercial
- Realizar registros contables.
- Introducir datos y textos en terminales informáticos en condiciones de seguridad, calidad y eficiencia.
- Gestionar el archivo en soporte convencional e informático.
- Efectuar las actividades de apoyo administrativo de Recursos Humanos.
- Realizar las gestiones administrativas de tesorería
- Manejar aplicaciones ofimáticas en la gestión de la información y la documentación

Otras tareas más específicas del servicio son:

- Ofrecer asistencia en el alta en el servicio de abastecimiento de agua. Consiste en la obtención de autorización para la conexión del servicio de abastecimiento de agua para los fines que se pretenden.
- Ofrecer asistencia en la baja en el servicio de abastecimiento de agua. Consiste en la obtención de autorización para la baja del contador del agua.
- Ofrecer asistencia en el cambio de titularidad en el servicio de abastecimiento de agua. Consiste en la obtención de autorización para el cambio de titularidad de la conexión del servicio de abastecimiento de agua para los fines que se pretenden.

- Atender las quejas de los abonados relacionadas con la prestación del servicio, así como ofrecer seguimiento a la resolución de las mismas.

### **3.3. OPERARIOS**

El personal que compone los equipos operacionales, normalmente oficiales fontaneros y peones, son los responsables de, entre otras cosas:

- Llevar a cabo la lectura de contadores.
- Instalar y conservar los contadores, cuyos costes son abonados por los usuarios.
- Velar por una buena presentación y conservación de las instalaciones y recinto en que se encuentran ubicadas.
- Ejecutar los arranques domiciliarios que se soliciten al servicio, entendiendo como tal todo el proceso de excavación de la zanja, conexión a las conducciones generales del servicio, instalación del contador, de la llave de registro y la posterior reposición del servicio.
- Ejecutar tantas reparaciones como sean necesarias, debidamente autorizadas por el departamento técnico del servicio.
- Realizar las tareas inherentes al plan de explotación, mantenimiento y conservación de todos los elementos de la infraestructura.

Sus conocimientos de hidráulica son esencialmente de tipo práctico, por lo que la información presentada debe estar convenientemente resumida y sin incluir detalles de tipo científico.

Por el rol que desempeñan, es importante realizar un Plan de Formación específico para garantizar la integridad y calidad de los datos del sistema de información y su acceso a datos básicos del sistema: localización de elementos, nomenclatura, etc.

### **3.4. TÉCNICOS**

Los técnicos y profesionales adscritos al servicio son la herramienta vehicular para llevar a cabo estudios e incorporar nuevos métodos y aplicar procedimientos innovadores a la explotación del servicio. Su interés se centra en la aplicación práctica dirigida a la consecución de resultados, con especial énfasis en la identificación de soluciones óptimas – valorada en función de la relación coste/beneficio – para un problema dado. Su objetivo es la reducción de costes y evolucionar hacia diseños y técnicas de gestión más sostenibles desde el punto de vista financiero y medioambiental, siempre teniendo presente la resiliencia y consistencia de las soluciones adoptadas.

Los técnicos controlan todos los aspectos ingenieriles del sistema de abastecimiento domiciliario de agua potable y algunas tareas de gestión. Su área de interés es especialmente técnica y, como tal, en la información que cabe poner a su disposición debe ser particularmente técnica y contener detalles de toda índole.

En un abastecimiento de agua, los técnicos son los responsables de, entre otras cosas:

- Elaborar, mantener y mejorar los modelos matemáticos de las redes.
- Mantener actualizada la cartografía y SIG del servicio.
- Gestionar el telecontrol de la infraestructura y tomar decisiones sobre la operación de la misma.
- Analizar los datos, históricos y presentes, recabados por el telecontrol y realizar estudios en base a ellos.
- La redacción, seguimiento y actualización del Plan Director de Abastecimiento de Agua Potable.
- La redacción, seguimiento y actualización del Plan de Mantenimiento de las Infraestructuras del Servicio de Abastecimiento de Agua Potable.
- La redacción, seguimiento y actualización del Plan de Control de Calidad del Agua para Consumo Humano.
- La redacción, seguimiento y actualización del Plan de Renovación y Mejoras de las infraestructuras adscritas al servicio.
- La redacción de los proyectos de construcción de las obras planteadas en los planes de renovación y mejora.
- Llevar a cabo el control de calidad en todas las operaciones y procesos del servicio.
- Planificar el equipamiento de todas las infraestructuras del servicio y futuras necesidades para la operación y mantenimiento de los sistemas.

En definitiva, los técnicos constituye un grupo verdaderamente sediento de información y sobre los cuales debe girar el sistema de información de la empresa. Es importante señalar que los datos no constituyen información por sí misma. Es más, una gran cantidad de datos registrados puede interferir con el desarrollo normal de la actividad de un técnico y generar un excesivo ruido que no le permita llevar a cabo sus tareas con éxito.

Desde un punto de vista de la GPI, hay una correspondencia inequívoca del rol del técnico con el nivel táctico de la organización. El planeamiento a nivel táctico constituye el proceso intermedio entre la planificación estratégica y operacional, que asimila las influencias externas a la organización y el planeamiento estratégico para desarrollar planes concretos que se pueden detallar y desagregar en otros planes. Le corresponde a los técnicos, por tanto, la formulación de estrategias y tácticas para alcanzar los objetivos de la organización.

### 3.5. GESTORES

Los gestores comprenden al grupo de personas responsables de la planificación y liderazgo del personal adscrito al servicio y la supervisión de su trabajo. Necesariamente tendrán un cierto conocimiento técnico en materia de agua, dependiendo de su carrera profesional, debiendo distinguir entre aquéllos que han promocionado internamente en el sector del agua de aquellos que han sido designados para puestos de responsabilidad. En cualquier caso, los gestores no están tan interesados en aspectos técnicos como los están en resúmenes ejecutivos.

Los puestos de gerencia normalmente se componen por individuos con amplia experiencia en la gestión de servicios y con titulaciones académicas superiores.

Entre sus funciones cabe destacar:

- Organizar y dirigir la puesta en marcha del servicio.
- Responsable ante la propiedad del funcionamiento de las instalaciones, del mantenimiento en estado adecuado de las instalaciones y de la seguridad de las instalaciones y del trabajo en ellas realizado.
- Aprobar la planificación y controlar el servicio.
- Monitorizar y realizar un seguimiento de la programación del servicio.
- Llevar a cabo el control económico del servicio.
- Supervisar los servicios de asistencia sanitaria, de seguridad, de calidad y de medio ambiente.
- Supervisar el control de incidencias y, junto con el personal a sus servicio, dar solución rápida y eficaz de los sucesos anómalos.
- Establecer un plan de mejoras de acuerdo con las directrices marcadas por la propiedad o por el departamento técnico.

- Dirigir y supervisar la operación y el mantenimiento y conservación, tanto en su organización como en su ejecución.
- Recabar de los departamentos técnicos de la empresa los asesoramientos que precise para el mejor desarrollo de su misión.
- Programar en concordancia con el resto de sus responsabilidades, las necesidades de cada instalación y las campañas de análisis.
- Marcar y supervisar el estricto cumplimiento de las normas de seguridad y salud.
- Establecer las pautas a seguir en política de personal.
- Realizar, de acuerdo con los datos de los partes internos de control, los informes periódicos y/o extraordinarios que debe remitir a la propiedad.
- Llevar a cabo la interpretación y comunicación periódica de los resultados de los análisis de calidad del agua a la propiedad.
- Llevar a cabo las tareas de redacción de informes para la propiedad, tanto de la calidad del agua, como de todas aquellas incidencias o anomalías que tengan lugar en el desarrollo de los servicios.

### **3.6. LA PROPIEDAD**

La propiedad, en su papel de propietaria de la infraestructura, tiene poder para influenciar o determinar muchas de las políticas y prácticas realizadas en el municipio. Como tal, exigen soluciones demostradas para mejorar la gestión del servicio y satisfacer las necesidades y expectativas de la sociedad. Para ello, se busca que se haga especial énfasis en el abonado, como figura central del servicio y elemento vertebrador de todo el funcionamiento del mismo. La participación pública y la transparencia se constituyen como herramientas fundamentales para este fin. Por lo general, la propiedad no tiene experiencia técnica en materia de agua y, por tanto, la información que le sea presentada deberá estar ausente de detalles técnicos y ser especialmente sucinta y clara en sus conclusiones.

Desde un punto de vista contractual, es éste el agente más importante para la sociedad concesionaria, ya que tienen una gran capacidad de toma de decisiones que pueden afectar sustancialmente al buen desarrollo de la explotación del servicio.



# CAPÍTULO IV. ESTRUCTURA DEL SISTEMA

## 1. PRINCIPIOS DE DISEÑO

Los sistemas de información y telecomunicaciones de un servicio de abastecimiento urbano de agua potable está constituido por numerosas herramientas y aplicaciones, cada una de ellas ofreciendo funcionalidades propias y muy específicas que, en ocasiones, requiere intercambiar información entre unas y otras. Por tanto, desde el punto de vista técnico, se trata de un sistema distribuido, compuesto por una colección de infraestructuras informáticas separadas físicamente y conectadas entre sí por una red de comunicaciones; cada tipo de infraestructura posee sus componentes de hardware y software que, internamente, se perciben como un único sistema independiente de los demás.

Como resultado, la tarea de diseñar un sistema de información partiendo de cero es, simultáneamente, un riesgo y una oportunidad. Un diseño inadecuado puede hacer que el sistema caiga en vicios tradicionales, pero un diseño óptimo puede constituir por sí mismo una ventaja competitiva frente a la competencia. La relevancia de esta tarea queda, por tanto, fuera de toda duda.

Todo diseño constituye un proceso y, como tal, es conveniente definir un conjunto de principios estratégicos que deben respetarse a lo largo del mismo. Para la estructuración del sistema de información explicado a lo largo del presente capítulo, se han seguido los siguientes:

- **Modularidad.** Es la capacidad que tiene un sistema de ser estudiado, visto o entendido como la unión de varias partes que interactúan entre sí y que trabajan para alcanzar un objetivo común, realizando cada una de ellas una tarea necesaria para la consecución de dicho objetivo. Cada una de esas partes en que se encuentre dividido el sistema recibe el nombre de módulo. Idealmente un módulo debe poder cumplir las condiciones de caja negra, es decir, ser independiente del resto de los módulos y comunicarse con ellos (con todos o sólo con una parte) a través de unas entradas y salidas bien definidas.
- **Independencia.** Por la naturaleza de los sistemas de información de un abastecimiento urbano, las soluciones deben ser independientes unas de otras o, en su caso, compartir el menor número de dependencias entre ellos.
- **Escalabilidad.** Es la propiedad deseable de un sistema, una red o un proceso, que indica su habilidad para reaccionar y adaptarse sin perder calidad, o bien manejar el crecimiento

continuo de trabajo de manera fluida, o bien para estar preparado para hacerse más grande sin perder calidad en los servicios ofrecidos.

- **Alta disponibilidad.** El sistema de información debe diseñarse de tal forma que se alcance un grado cuasi absoluto de continuidad operacional durante todo el año. La disponibilidad se refiere a la habilidad de la comunidad de usuarios (ya sean éstos abonados, técnicos, gestores, etc.) para acceder al sistema, realizar nuevos trabajos, actualizar o alterar trabajos existentes o recoger los resultados de trabajos previos.
- **Soluciones abiertas.** Las soluciones adoptadas deben focalizarse en aplicar los beneficios prácticos de la utilización de aplicaciones abiertas. Las soluciones abiertas tienden a ser de calidad superior al software propietario, dado la naturaleza libre de las mismas, y permite un mayor independencia de terceras empresas distribuidoras de soluciones propietarias.
- **Estandarización.** En general, un estándar es un término muy general utilizado para referirse a las especificaciones técnicas que definen cualquier protocolo de almacenamiento de datos o intercambio y registro de información. En este sentido, la utilización de protocolos normalizados tomarán siempre preferencia frente a soluciones propietarias. De esta forma se asegura una mayor flexibilidad presente y futura del sistema.
- **Integridad de los datos.** Se refiere a la corrección y complementación de los datos en una base de datos. Por tanto, la integridad se refiere a la exactitud o validez de la información contenido en el sistema. En este sentido, la integridad de los datos ha solido ser una tarea relegada al segundo plano y realizada de manera deficiente. Casi toda la verificación de integridad se realiza mediante códigos de procedimientos escrito por los usuarios. Es necesario especificar restricciones de integridad con la finalidad de reducir los errores humanos y hacer que el propio sistema se encargue de la verificación.
- **Calidad de los datos.** Los datos, cuando no se realiza un plan de control de calidad de lo mismo, no pueden constituir por sí mismos información. Algunas de las ventajas de una buena gestión en la calidad de los datos son inmediatas: el ahorro de costes directos al evitar tener información duplicada y la normalización de archivos mejora el análisis de datos y permite estudios más precisos.

Como resultado del análisis realizado en el Capítulo II y en el Capítulo III, se han constatado, por un lado, las necesidades de información de la GPI y, por otro, el funcionamiento de un servicio de abastecimiento de agua. Basándose en este análisis, el sistema de información se ha estructurado en cinco grandes bloques:

1. El inventario de componentes del sistema.
2. La base de datos de abonados.
3. El Servicio de Atención al Cliente.
4. El Sistema de Información Geográfica.
5. El Sistema de Telecontrol de las Instalaciones.

A continuación se detallan, de manera individualizada, la estructura, procesos y funcionalidades exigibles a cada uno de los bloques.

## 2. INVENTARIO DE COMPONENTES

### 2.1. IDENTIFICADORES ÚNICOS

Uno de los obstáculos más importantes que hay que vencer con el diseño de cualquier SIG o base de datos es evitar duplicidades en las referencias a los elementos que intervienen. En este sentido, la experiencia demuestra que los prestadores de servicios de abastecimiento de agua potable y recogida de aguas pluviales y residuales tienen muchos problemas cuando se enfrentan a la tarea de asignar identificadores únicos a elementos del sistema. También es cierto que muchos de ellos reconocen la necesidad de tener una metodología estandarizada para generar dichos identificadores y muchos aprovechan una nueva implementación de SIG o nuevos modelos de datos como una oportunidad para introducir un nuevo sistema que asigne identificadores (en adelante, *IDs*) únicos a los elementos.

Lo cierto es que el uso de *IDs* únicos es una necesidad prioritaria. En esta moderna era de ordenadores, bases de datos y SIG, los *IDs* juegan un papel crítico en la reducción de datos duplicados e información confusa de los elementos del sistema. Por otro lado, es el primer paso hacia la reducción de la cantidad de información y la integración de todos los sistemas de información.

Dicho eso, los prestadores de servicios tienden a convertir la tarea de asignar *IDs* únicos en una empresa más complicada de lo que realmente es. Más aún cuando cualquier base de datos, incluida los SIG, tiene la habilidad inherente de utilizar cualquier número o combinación de letras para almacenar estos identificadores. Las cosas se complican cuando interviene el factor humano en la nomenclatura de los *IDs* del sistema. Por ejemplo, muchas veces se intenta que los *IDs* incluyan información que permita a los seres humanos entender qué tipo de elemento es o dónde está localizado. Por ejemplo, la utilización de nombres como T-CU601, en la que T es para tubería, CU el área de suministro, en este caso el casco urbano, y 601 el número de tubería.

No obstante, si se está utilizando un SIG ya se está accediendo a la información de los elementos por localización y se puede eliminar esta información del *ID*. Normalmente se utilizan dos argumentos para incluir información de localización en los *IDs*:

- Los operarios y los equipos operacionales necesitan (i) un código de localización para saber en qué área se encuentra el elemento y (ii) saber dónde encontrar el mapa correcto en los libros en el que se hallará el elemento. Una buena aplicación SIG móvil elimina esta necesidad.
- El segundo argumento es que el uso de códigos de localización en los *IDs* es necesario para realizar informes. Por ejemplo, en un plan de inspección de hidrantes es útil para conocer a qué municipios pertenece cada elemento cuando se realizan informes municipales. Esto también se resuelve con el GIS, ya sea utilizando los límites municipales o polígonos.

Algunas de las metodologías para asignar *IDs* son:

- *IDs* autoincrementales. Los *IDs* aumentan en una unidad cuando quiera que un nuevo elemento se pone en servicio. Este método es, con mucho, la forma más sencilla de asignar un identificador, siempre y cuando solo haya una persona o sistema asignando todos los identificadores. En el caso de que haya más de una persona o sistema asignando identificadores, se corre el riesgo de que se produzcan colisiones entre *IDs* y que la información se corrompa de forma irremediable.
- *IDs* de elementos precedidos por el tipo. Por ejemplo, colocando una letra delante del *ID* para saber a qué tipo de elemento hace referencia. Por ejemplo T para tubería, B para bombas, C para contadores, etc. Esta práctica es bastante común y es útil para reconocer el tipo de elemento que se corresponde con el *ID*.
- *IDs* de elemento con información de localización. Como se dijo anteriormente, en una buena implementación de SIG o base de datos, no hay ninguna necesidad para implementar esta práctica desde el punto de vista empresarial.
- *IDs* incrementales de aguas arriba a aguas abajo. Algunos prestadores prefieren incrementar sus identificadores de elementos de aguas arriba a aguas abajo, de forma que elementos más cercanos a las entradas al sistema tengan una numeración más baja que los más alejados. El problema que esto conlleva es que cuando se instalan nuevos elementos en puntos intermedios es necesario reasignar todos los identificadores o asignar letras finales al *ID* de elementos cercanos para crear un nuevo *ID*. Tampoco queda claro

qué hacer cuando la red no es completamente ramificada. Esta nomenclatura es muy utilizada en servicios de saneamiento, para la identificación de los pozos de registro.

Por otro lado:

- Es conveniente conservar los *IDs* antiguos cuando se cambia al nuevo sistema, lo cual puede ser útil cuando alguien necesite hacer referencia a sistemas de información anteriores. Esta tarea debe resolverse utilizando una tabla de uno a muchos entre el nuevo identificador y los identificadores antiguos utilizados en sistemas o planes más antiguos.
- Se recomienda encarecidamente no utilizar *IDs* internos de la base de datos, a menos que se esté 100% seguro de que estos códigos no serán recalculados por la aplicación en el futuro. Por ejemplo, en determinados SIG el uso del campo OBJECTID se recalcula automáticamente cuando se realizan determinadas tareas.

Conocida la problemática y las posibles soluciones, el siguiente paso es justificar qué identificador es más apto para ser utilizado como clave primaria en una tabla ya que, al fin y al cabo, éste es el fin último de los identificadores a nivel del sistema de información de la empresa.

## 2.2. CLAVES PRIMARIAS

En el diseño de bases de datos relacionales, se llama clave primaria a un campo o a una combinación de campos que identifica de forma única a cada fila de una tabla. Una clave primaria puede comprender de esta manera una columna o conjunto de columnas. No puede haber dos filas en una tabla que tengan la misma clave primaria. En el estándar SQL, las claves primarias constituyen también índices, surgidos, en parte, por la necesidad de tener un acceso más rápido a los datos. Ejemplos clásicos de claves primarias son el DNI (asociado a una persona) o el ISBN (asociado a un libro).

Una de las reglas cardinales de las claves primarias es que sean unívocas y permanezcan inalterables. En este sentido, algunos de los identificadores únicos mencionados en el apartado anterior pueden funcionar como claves primarias para las tablas de los elementos del sistema.

Sin embargo, también hay razones para descartar algunas de las metodologías de generación de IDs propuestas. Cuando se incluye información de algún tipo sobre el elemento en la nomenclatura, puede ocurrir que dicho ID necesite cambiarse por distintos motivos:

- Los datos se introdujeron de forma equivocada o necesitan corregirse.
- Los gestores del prestador deciden cambiar la nomenclatura a otro formato por motivos completamente ajenos a la gestión de la base de datos.

- Las claves primarias deben ser inmutables, con lo cual las situaciones anteriores son inaceptables. Por este motivo, el método preferido es el uso de identificadores autoincrementales. En este caso, debe asegurarse que solo una persona o aplicación asigne los nuevos identificadores. De otra forma se corre el riesgo de duplicar identificadores.

El problema de la asignación simultánea de identificadores por varias personas o sistemas puede salvarse con el uso de identificadores universales únicos, o UUID, de sus siglas en inglés. La intención de los UUID es habilitar, en sistemas distribuidos, un identificador de información único sin una importante coordinación central. Esto es, cualquiera puede crear un UUID y usarlo para identificar algo con una razonable confianza de que el identificador nunca será usado inintencionadamente por cualquiera para cualquier cosa. La información etiquetada con UUID puede ser entonces combinada en una única base de datos sin la necesidad de resolver conflictos de nombre.

Un UUID es un número de 16 bytes (128-bit). El número teórico de posibles UUID es entonces de unos  $3 \times 10^{38}$ . En su forma canónica, un UUID consiste de 32 dígitos hexadecimales, mostrados en cinco grupos separados por guiones, de la forma 8-4-4-4-12 para un total de 36 caracteres (32 dígitos y 4 guiones). Por ejemplo:

*550e8400-e29b-41d4-a716-446655440000*

Estos 32 dígitos hexadecimales pueden almacenarse en forma binaria, lo cual acelerará el funcionamiento interno de las bases de datos, frente a su almacenamiento como una cadena alfanumérica.

El UUID depende de una combinación de componentes que asegura su unicidad. Un UUID bien generado contiene una referencia a la dirección física del ordenador que generó el identificador, una marca de tiempo (momento en el cual se genera el identificador) y una componente generada de forma aleatoria. Dado que la dirección física identifica a un ordenador único y la marca de tiempo es única para cada UUID, estos dos componentes por sí solos deberían asegurar su unicidad. No obstante, la componente aleatoria se añade como protección frente a cualquier problema inesperado.

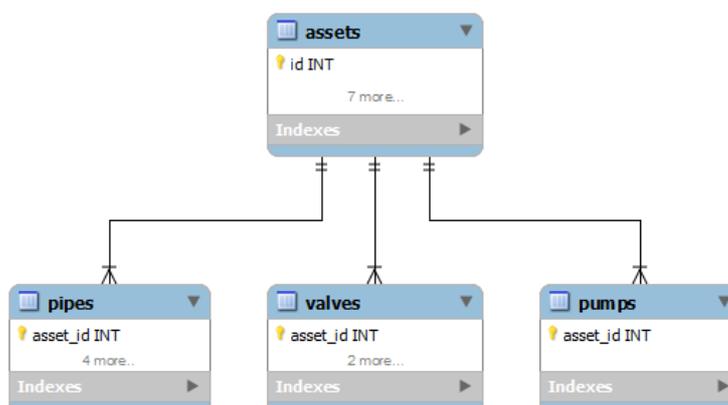
En definitiva, cuando se quiera identificar elementos del sistema se recurrirá a:

1. *IDs* autoincrementales, en el caso de que un único sistema o persona asigne los nuevos identificadores.
2. *UUIDs*, en el caso de sistemas distribuidos, en los cuales más de un sistema pueda generar nuevos elementos e identificadores asociados.

Puede incluirse un campo secundario en la base de datos para contar con una referencia más legible, pero en cualquier caso todas las operaciones realizadas a nivel interno en la base de datos deberán realizarse utilizando las claves primarias. Dicho esto, a la hora de realizar búsquedas sin ayudas visuales puede ser muy útil incluir este campo secundario en la tabla. Si se cuenta con soporte visual (por ejemplo, un SIG, lo cual es muy habitual), este campo es innecesario e incluso se recomienda no incluirlo.

## 2.3. ELEMENTOS DEL SISTEMA

Cualquier red de abastecimiento de agua potable o de recogida de aguas pluviales y residuales y, por extensión, cualquier infraestructura, puede entenderse como un conjunto de elementos o entidades clasificados por clases. Por ejemplo, una red de abastecimiento puede entenderse como compuesta por entidades de clase tubería, bomba, válvula, contador, etc. y una red de saneamiento por entidades de clase colector, pozo de registro, depósito de tormenta, etc.



*Figura IV-1. Ejemplo de herencia de tablas aplicado a redes de distribución de agua potable (a).*

Desde el punto de vista de la gestión patrimonial de infraestructuras todas estas entidades, o activos, tienen unas propiedades comunes (fecha de instalación, fecha de su retirada, etc.) mientras que otras son particulares de cada clase de entidad (p.ej. diámetro, espesor o longitud de las tuberías). Estas estructuras de datos se ajustan perfectamente al concepto informático de herencia de tablas. Además, dicho concepto hace más sencilla la tarea de explicar cómo se organiza conceptualmente una base de datos.

La herencia de tablas permite crear tablas de base de datos que heredan de otras tablas de la misma forma que las clases pueden heredar de otras clases en los lenguajes orientados a objetos. La herencia de tablas es una forma sencilla de que dos o más tablas compartan información en una única tabla padre. Aunque la Figura IV-1 solo muestra este concepto cuando es aplicado a

tuberías, válvulas y bombas de una red de abastecimiento, es perfectamente válido para otro tipo de elementos (contadores, elementos de maniobra y control, hidrantes, etc.). La nomenclatura utilizada está en inglés para facilitar el intercambio de datos con organizaciones externas, pero pueden definirse en otro idioma sin ningún tipo de problema.

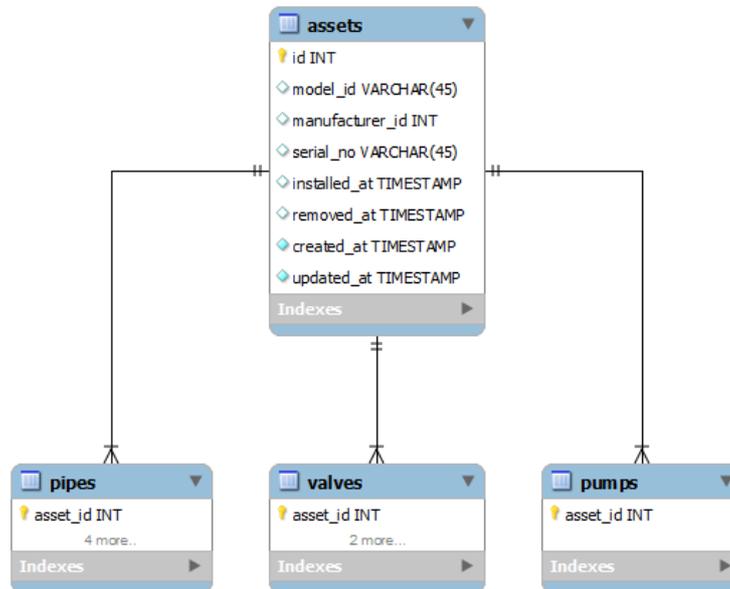


Figura IV-2. Ejemplo de herencia de tablas aplicado a redes de distribución de agua potable (b).

Las versiones extendidas de este esquema permiten entender la razón de ser de esta forma de organizar la información (Figura IV-2 y Figura IV-3). Tuberías, válvulas y bombas son todos activos con un número de serie, fabricante y modelo, fecha de instalación y fecha de retirada. Por otro lado, cada activo tiene propiedades que le son propias por ser de un determinado tipo. El activo válvula tiene como propiedades su diámetro, tipo, presión máxima admisible, etc. pero no comparte con el activo tubería la propiedad longitud.

Los campos *created\_at* y *updated\_at* son marcas de tiempo que indican cuándo se insertó dicho registro en la base de datos y cuándo fue la fecha de su última modificación. Dichos campos son fundamentales para poder mantener un registro de cambios en la base de datos. Esto asegura la trazabilidad de la información, facilita la optimización de la frecuencia de las copias de seguridad y permite deshacer modificaciones en caso de que se produzca una edición errónea o malintencionada de los datos del sistema. Si se utiliza un motor de base de datos adecuado, pueden programarse sin problemas disparadores (o *triggers* en inglés) que guarden las modificaciones de todos los registros de la base de datos.

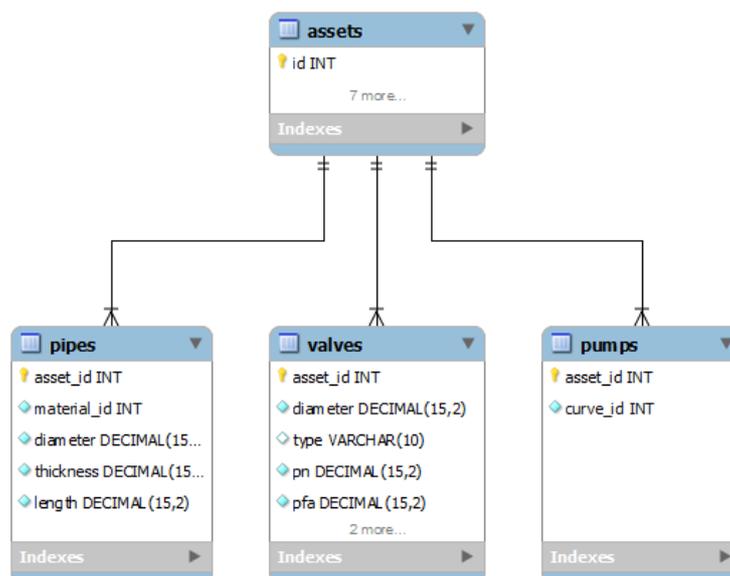


Figura IV-3. Ejemplo de herencia de tablas aplicado a redes de distribución de agua potable (c).

Es muy importante señalar que la sustitución de un activo por otro no equivale a una modificación. Por ejemplo, cuando una tubería es sustituida por otra de diámetro superior, se deberá declarar un nuevo activo de tipo tubería con los datos de la nueva y dejar fuera de servicio la tubería anterior. Las modificaciones quedan reservadas a situaciones de datos incorrectos en la información de los activos, pero no se deben utilizar bajo ninguna circunstancia para sustituir total o parcialmente unos activos por otros.

Si la empresa tiene algún tipo de procedimiento interno para incorporar nuevos activos en el sistema de información de la empresa, puede ser interesante incorporar campos adicionales. Por ejemplo, si la información de los activos se revisa por pares, puede ser interesante incluir los campos *created\_by* y *approved\_by*; el primero guardando información del empleado que crea el registro en la base de datos y el segundo del responsable que lo aprueba. En este caso, dichos campos solo pueden tomar como valores los identificadores inmutables de los empleados dentro de la empresa (por ejemplo, el DNI o el nombre de usuario, siempre que éste no se pueda modificar).

Como puede observarse, toda esta información es independiente de la visualización de los datos porque, en esta fase, la visualización es innecesaria. Dicho de otra forma, con la solución presentada no resulta imprescindible la utilización de un sistema de información geográfico. No obstante, se recomienda encarecidamente el uso de un SIG para poder añadir información de localización a los elementos.

La única tarea que quedaría pendiente es definir qué propiedades son comunes para todos los elementos del sistema y qué propiedades es necesario registrar para cada tipo específico de activo. Para cada propiedad, por su parte, será necesario definir el tipo de campo asociado, sus valores por defecto y si el campo puede estar vacío o no.

Para facilitar la comprensión de cada una de las tablas asociadas se incluye el código en lenguaje SQL que las genera. Los identificadores se han asumido autoincrementales por simplicidad, pero también podrían usarse *UUIDs*.

## 2.4. PROPIEDADES COMUNES

La tabla padre de todos los elementos del sistema debe contener campos que sean comunes a todos los elementos que heredan de ella. En este sentido, de todo elemento del sistema se debe conocer:

- Código identificador único (autoincremental o UUID).
- Breve descripción del activo, opcional.
- Fabricante del activo, número de modelo y número de serie. Puede tomar valores nulos, si no aplica.
- Fecha de instalación del activo, que puede ser nula si se desconoce.
- Fecha en la que el activo se dejó fuera de servicio, que será nula si el activo está en servicio.
- Fecha de creación del registro en la base de datos.
- Fecha de última modificación del registro en la base de datos.

```
CREATE TABLE IF NOT EXISTS `assets` (  
  `id` INT NOT NULL AUTO INCREMENT,  
  `description` VARCHAR(255) NULL DEFAULT NULL,  
  `model_id` VARCHAR(255) NULL DEFAULT NULL,  
  `manufacturer_id` INT NULL DEFAULT NULL,  
  `serial no` VARCHAR(255) NULL DEFAULT NULL,  
  `installed at` TIMESTAMP NULL DEFAULT NULL,  
  `removed at` TIMESTAMP NULL DEFAULT NULL,  
  `created at` TIMESTAMP NOT NULL,  
  `updated at` TIMESTAMP NOT NULL,  
  PRIMARY KEY (`id`))  
ENGINE = InnoDB
```

Hay activos, por otra parte, que pueden estar constituidos o relacionados con otros activos. Por ejemplo, una estación de bombeo estar compuesta por varias bombas y una bomba

descompuesta en sus partes (variador de frecuencia, motor, etc.). Por tanto, es necesario crear una tabla auxiliar de muchos a muchos que permita guardar relaciones entre activos.

```
CREATE TABLE IF NOT EXISTS `assets_map` (  
  `parent_id` INT NOT NULL,  
  `child_id` INT NOT NULL,  
  PRIMARY KEY (`parent_id`, `child_id`),  
  INDEX `fk assets_map child id idx` (`child_id` ASC),  
  CONSTRAINT `fk assets_map parent id`  
    FOREIGN KEY (`parent_id`) REFERENCES `assets` (`id`)  
    ON DELETE CASCADE ON UPDATE CASCADE,  
  CONSTRAINT `fk assets_map child id`  
    FOREIGN KEY (`child_id`) REFERENCES `assets` (`id`)  
    ON DELETE CASCADE ON UPDATE CASCADE)  
ENGINE = InnoDB
```

Por otro lado, es necesario vincular los hipotéticos antiguos identificadores a los nuevos. Para ello, se define una tabla auxiliar que los relacione. El esquema sugerido a continuación permite que cada activo se relacione con varios identificadores simultáneamente, por si se diera el caso de que el sistema de información antiguo tuviera más de un identificador que sea necesario relacionar.

```
CREATE TABLE IF NOT EXISTS `_old_systems` (  
  `id` INT NOT NULL AUTO INCREMENT,  
  `name` VARCHAR(45) NULL,  
  `description` VARCHAR(255) NULL,  
  PRIMARY KEY (`id`))  
ENGINE = InnoDB
```

```
CREATE TABLE IF NOT EXISTS `old_map` (  
  `asset_id` INT NOT NULL,  
  `system_id` INT NOT NULL,  
  `old_id` VARCHAR(45) NOT NULL,  
  PRIMARY KEY (`asset_id`, `old_id`, `system_id`),  
  INDEX `fk old map system id idx` (`system_id` ASC),  
  CONSTRAINT `fk old map asset id`  
    FOREIGN KEY (`asset_id`) REFERENCES `assets` (`id`)  
    ON DELETE CASCADE ON UPDATE CASCADE,  
  CONSTRAINT `fk old map system id`  
    FOREIGN KEY (`system_id`) REFERENCES `_old_systems` (`id`)  
    ON DELETE CASCADE ON UPDATE CASCADE)  
ENGINE = InnoDB
```

## 2.5. TUBERÍAS

Los elementos tubería son activos que tienen las siguientes propiedades específicas:

- Tipo de material.

- Diámetro nominal (UNE EN ISO 6708:1996). Designación numérica de la dimensión de la sección transversal, que se utiliza con fines de referencia. Incluye un número entero adimensional, que está relacionado indirectamente con las dimensiones reales, en milímetros, del taladro o del diámetro exterior en los extremos de las conexiones.
- Espesor. Tamaño, en milímetros, de la pared de la tubería y que se relaciona con el diámetro nominal y el material para obtener el diámetro interior de la tubería.
- Longitud. Tramo de tubería a lo largo del cual todas sus propiedades intrínsecas permanecen constantes (incluyendo las propiedades asociadas a cualquier tipo de activo, definidas en el apartado anterior).

Nótese que la rugosidad de la tubería no se ha incluido en la tabla porque varía con el caudal y puede variar con el tiempo. La rugosidad es un parámetro vinculado a la modelización hidráulica de la red, ya sea en régimen permanente o en transitorio, pero no una característica intrínseca de la tubería. Algo parecido ocurre con el módulo de elasticidad transversal, un parámetro significativo al estudiar el fenómeno del golpe de ariete, pero que puede variar con la edad de la tubería.

```
CREATE TABLE IF NOT EXISTS `pipes` (
  `asset_id` INT NOT NULL,
  `material` VARCHAR(5) NOT NULL,
  `dn` INT NOT NULL,
  `thickness` DECIMAL(15,2) NOT NULL,
  `length` DECIMAL(15,2) NOT NULL,
  PRIMARY KEY (`asset_id`),
  CONSTRAINT `FK_pipes_asset_id`
  FOREIGN KEY (`asset_id`) REFERENCES `assets` (`id`)
  ON DELETE CASCADE ON UPDATE CASCADE)
ENGINE = InnoDB
```

## 2.6. VÁLVULAS

A efectos de la definición de las propiedades intrínsecas de las válvulas, se tendrán en cuenta las definiciones incluidas en las normas UNE-EN1074-1:2001, UNE-EN 1074-2:2001, UNE-EN 1074-3:2001, UNE-EN 1074-4:2001, UNE-EN 1074-5:2001, UNE-EN 1074-6:2001.

- Tipo de válvula. Puede tomar alguno de los siguientes valores: seccionamiento, antirretorno, purgadoras, ventosas, de control o hidrantes.
- Diámetro nominal. Designación numérica de la dimensión de la válvula, utilizada como referencia. Incluye un número entero adimensional, que está relacionado con las

dimensiones reales, en milímetros, del taladro o del diámetro exterior de las conexiones de los extremos.

- Presión máxima admisible o PMA. Presión máxima, incluido el golpe de ariete, que es capaz de resistir en servicio.
- Presión de funcionamiento admisible o PFA. Es la presión hidrostática máxima que es capaz de soportar de forma permanente en servicio.
- Presión de ensayo admisible o PEA. Presión hidrostática máxima que puede resistir una válvula instalada recientemente, durante un periodo de tiempo relativamente corto, para asegurar la integridad y estanquidad de la conducción.
- Coeficiente de caudal o Kv. Coeficiente igual al caudal volumétrico, en metros cúbicos por hora, de agua a una temperatura entre 5 °C y 40 °C, que pasa a través de la válvula y produce una pérdida de presión estática de 1 bar.

```
CREATE TABLE IF NOT EXISTS `valves` (  
  `asset_id` INT NOT NULL,  
  `type` VARCHAR(10) NULL,  
  `dn` INT NOT NULL,  
  `kv` DECIMAL(15,2) NOT NULL,  
  `pma` DECIMAL(15,2) NOT NULL,  
  `pfa` DECIMAL(15,2) NOT NULL,  
  `pea` DECIMAL(15,2) NOT NULL,  
  PRIMARY KEY (`asset_id`),  
  CONSTRAINT `FK_valves_asset_id`  
    FOREIGN KEY (`asset_id`) REFERENCES `assets` (`id`)  
    ON DELETE CASCADE ON UPDATE CASCADE)  
ENGINE = InnoDB
```

## 2.7. BOMBAS

Los parámetros técnicos básicos que definen a una bomba son:

- Velocidad nominal. Velocidad de giro de la bomba, en revoluciones por minuto (rpm).
- Tipo de bomba. Si se trata de una bomba de velocidad fija o variable. Por defecto, se supone fija.
- Curva altura-caudal de la bomba, a velocidad nominal. La curva tiene por ecuación  $H(Q) = AQ^2 + BQ + C$ , lo que equivale a guardar los tres coeficientes A, B y C.
- Curva rendimiento-caudal de la bomba, a velocidad nominal. La curva tiene por ecuación  $\eta(Q) = EQ^2 + F$ , lo que equivale a guardar los dos coeficientes E y F.

```

CREATE TABLE IF NOT EXISTS pumps` (
  `asset_id` INT NOT NULL,
  `type` TINYINT(1) NOT NULL DEFAULT 0,
  `n0` INT NOT NULL,
  `a` DECIMAL(15,2) NOT NULL,
  `b` DECIMAL(15,2) NOT NULL,
  `c` DECIMAL(15,2) NOT NULL,
  `e` DECIMAL(15,2) NOT NULL,
  `f` DECIMAL(15,2) NOT NULL,
  PRIMARY KEY (`asset_id`),
  CONSTRAINT `FK_pumps_asset_id`
    FOREIGN KEY (`asset_id`) REFERENCES ``assets` (`id`)
    ON DELETE CASCADE ON UPDATE CASCADE)
ENGINE = InnoDB

```

## 2.8. CONTADORES

A efectos de la definición de las propiedades intrínsecas de los contadores, se tendrá en cuenta las definiciones incluidas en la norma UNE EN 14154:2005. Los parámetros técnicos básicos que definen a un contador son:

- Diámetro nominal (UNE EN ISO 6708:1996). Designación numérica de la dimensión de la sección transversal, que se utiliza con fines de referencia. Incluye un número entero adimensional, que está relacionado indirectamente con las dimensiones reales, en milímetros, del taladro o del diámetro exterior en los extremos de las conexiones.
- Caudal nominal, en metros cúbicos por hora.
- Tipo. Igual al rango de medida o clase metrológica. El rango de medida para el caudal se define por el ratio Q3/Q1, precedido de la letra R. En caso de referirse a la normativa anterior, los valores posibles de la clase metrológica serán A, B, C ó D. Nótese que los nuevos contadores deben ir necesariamente marcados con la nueva normativa y, por lo tanto, solamente los antiguos tendrán como valor en este campo la clase metrológica.

Además, en el caso de los contadores, el marcado completo según la norma UNE EN 14154:2005 se corresponderá con el valor del campo *model\_id* de la tabla *assets*. Con ello nos aseguramos de que, si fuera necesario en el futuro, el resto de parámetros técnicos de los contadores puedan extraerse fácilmente de este campo.

```

CREATE TABLE IF NOT EXISTS `meters` (
  `asset_id` INT NOT NULL,
  `dn` INT NOT NULL,
  `flow` DECIMAL(15,2) NOT NULL,
  `type` VARCHAR(4) NOT NULL,
  PRIMARY KEY (`asset_id`),
  CONSTRAINT `fk_meters_asset_id`
  FOREIGN KEY (`asset_id`) REFERENCES `assets` (`id`)
  ON DELETE CASCADE ON UPDATE CASCADE)
ENGINE = InnoDB

```

## 2.9. OTROS

Una red de distribución de agua potable no queda completamente definida por los cuatro elementos anteriores. Hay más componentes en el sistema (depósitos, manómetros, variadores de frecuencia, calderines, etc.), pero no se incluye la definición de sus tablas correspondientes por un doble motivo:

Cualquier elemento del sistema ya puede quedar registrado en la tabla `assets`. Las tablas subordinadas de ésta son tablas complementarias para guardar información específica de los activos, pero solamente se debe guardar esta información indexada si realmente la empresa va a hacer uso de ella en estudios específicos. La recopilación excesiva de información puede desbordar de trabajo a los empleados. La búsqueda de un adecuado equilibrio entre la información que se va a registrar y la información realmente necesaria es imprescindible.

El grueso de la red, a nivel económico, queda ya recogido en los elementos definidos en los apartados anteriores, por lo que no se ha considerado imprescindible entrar en mayor grado de detalle.

Las tablas ya definidas pueden sufrir variaciones en función del tamaño de la organización o de los datos que la organización puede recoger. Por tanto, no resulta práctico entrar e mayor nivel de detalle en otros elementos de menor relevancia.

Es importante señalar que para almacenar toda la información sobre proyectos de construcción, costes, acciones de rehabilitación, órdenes de trabajo, operaciones de limpieza, reparaciones, quejas de los clientes, etc. no es necesario definir tablas subordinadas. Como veremos en los apartados siguientes, basta con registrar el activo en la tabla padre `assets`.

## 3. BASE DE DATOS DE ABONADOS

La base de datos de abonados constituye un fichero de información clave para la gestión del servicio. Al igual que ocurriera con los activos que componen la infraestructura y que se trataron

en el apartado anterior, es de vital importancia asegurar que la estructura de la base de datos de abonados sea consistente y esté bien estructurada.

En este sentido, la **normalización** es un requisito imprescindible en su diseño ya que, de no realizar este proceso, el sistema puede complicarse de manera exponencial hasta volverse inabordable, se multiplica el uso de recursos humanos, técnicos y económicos y su mantenimiento se vuelve harto complicado.

Desde un **punto de vista informático**, el proceso de normalización de bases de datos consiste en aplicar una serie de reglas a las relaciones obtenidas tras el paso del modelo entidad-relación al modelo relacional.

Las bases de datos relacionales se normalizan para:

- Evitar la redundancia de los datos.
- Disminuir problemas de actualización de los datos en las tablas.
- Proteger la integridad de los datos.

Desde un **punto de vista técnico**, el proceso de normalización consiste en asegurar que la cantidad de datos almacenados y su formato sea homogéneo y esté correctamente cumplimentado.

O, dicho de otra forma, el proceso de diseño de una base de datos debe estar guiado por algunos principios. El primero de ellos es que se debe evitar la información duplicada o, lo que es lo mismo, los datos redundantes, porque malgastan el espacio y aumentan la probabilidad de que se produzcan errores e incoherencias. El segundo principio es que es importante que la información sea correcta y completa. Si la base de datos contiene información incorrecta, los informes que recogen información de la base de datos contendrán también información incorrecta y, por tanto, las decisiones que tome a partir de esos informes estarán mal fundamentadas.

En definitiva, la base de datos de abonados debe cumplir que:

- Se divida la información en tablas basadas en temas para reducir los datos redundantes.
- Proporcione la información necesaria para reunir la información de las tablas cuando así se precise.
- Ayude a garantizar la exactitud e integridad de la información.
- Satisfaga las necesidades de procesamiento de los datos y de generación de informes.

### 3.1. EL CONTRATO DE SUMINISTRO

De forma general, el abonado es la persona física o jurídica aquel que figura como titular en el contrato de suministro de agua potable. La información necesaria para identificar de forma única al abonado se puede clasificar en (a) identificación del titular; (b) datos de la finca abastecida; (c) datos de correspondencia; (d) características de suministro y de la instalación interior; (e) equipos de medida instalados y (f) condiciones económicas.

**A. Datos de identificación del titular.** Incluye: nombre y apellidos o razón social del titular; número de identificación fiscal (NIF) o código de identificación fiscal (CIF); un número de teléfono y, opcionalmente, un segundo; número de fax, si existiera; nombre y apellidos del representante, en su caso; NIF/CIF del representante, en su caso; razón de representación y copia con testimonio notarial de los poderes; y poder bastantado en los servicios municipales.

**B. Datos de la finca abastecida.** Incluirá la dirección, número, bloque y puerta, en su caso; el código postal; la población, la provincia y el país; y la referencia catastral.

**C. Datos de correspondencia.** Nombre y apellidos; un número de teléfono y, opcionalmente, un segundo; número de fax, si existiera; dirección de correo electrónico; dirección, número, bloque y puerta, en su caso; código postal, población, provincia y país.

**D. Características del suministro y de la instalación interior.** Tipo de actividad: doméstica, comercial o industrial; número de viviendas, de locales comerciales o de naves industriales, en su caso; código identificador único de la acometida; código identificador del instalador; caudal contratado (en litros por segundo); presión mínima en llave de registro (en metros columna de agua).

**E. Equipos de medida instalados.** Se limita al código identificador único del contador.

**F. Condiciones económicas.** Se limita a la cuenta bancaria del cliente.

Por otro lado, el titular deberá adjuntar los siguientes documentos:

- Documento que acredite la personalidad del titular.
- Título de la propiedad o contrato de alquiler.
- Licencia de primera ocupación o cédula de habitabilidad.
- Poderes del representante de la sociedad y poderes bastantados en las dependencias municipales, en su caso.

Toda dicha documentación deberá ser almacenada digitalmente y con copia en papel archivada convenientemente.

### 3.2. ACCESO A LA OFICINA VIRTUAL

En el momento de formalizarse el contrato de suministro y, en aras de incentivar el uso de la plataforma telemática del servicio, deberá facilitarse al abonado una **contraseña temporal de un solo uso** con la que acceder al mismo. Dicha contraseña deberá ser modificada con posterioridad por el usuario, pero en cualquier caso deberá cumplir con unos requisitos de complejidad mínimos. Esta directiva de seguridad de contraseña elevan la seguridad y contribuyen a proteger los datos personales frente a los intentos de inicio de sesión no autorizados.

En caso de olvido, la contraseña podrá ser recuperada a través de un procedimiento telemático en el que se solicitará al abonado información del contrato de suministro y que lo identifique de forma unívoca. Cuando satisfaga todos los requisitos de seguridad en el procedimiento de recuperación, volverá a crearse una contraseña de un solo uso que deberá modificar al iniciar sesión.

Para cumplir con los estándares de seguridad más estrictos, las contraseñas tendrán una fecha de caducidad de un año desde el momento de su entrega al usuario o su modificación.

Por tanto, además de los datos relativos al contrato de suministro, la base de datos de abonados contará con los siguientes campos: contraseña y fecha de caducidad de la misma.

También por motivos de seguridad, la contraseña deberá almacenarse cifrada con un **hash**, de tal forma que la contraseña sea ilegible por cualquier ser humano. Un *hash* (también conocido como *digest*) se puede visualizar como una huella digital relacionada a algún dato (sea un archivo, un *string*, etc). El *hash* se logra a través de un proceso matemático de una sola vía, lo que quiere decir que es complicado recuperar el dato/texto original a partir del *hash*.

En ningún caso podrá el personal del servicio cambiar de forma personal y directa la contraseña. En caso de pérdida, solamente estarán autorizados a asistir al abonado en el proceso.

Por último, deberá quedar constancia de los accesos a la plataforma desde un **registro de acceso**. Dicha información de acceso (IP de conexión, datos del navegador, fecha y hora de conexión, etc.) se compartirá exclusivamente con el abonado para que, en caso de sospecha de suplantación de identidad, puedan iniciarse los trámites para bloquear el acceso a la contraseña.

En ningún caso podrá el servicio acceder a la información de acceso del abonado. Únicamente tendrá acceso a la invalidación de la cuenta de usuario. Sí que será aceptable el uso de la información de acceso para realizar un estudio del tipo de acceso del grueso de abonados, pero la

información individualizada de los accesos no podrá trascender en ningún caso, salvo que el abonado lo autorice de forma expresa para solucionar algún problema técnico puntual.

## **4. SERVICIO DE ATENCIÓN AL CLIENTE**

El servicio de atención al cliente debe estar basado, necesariamente, en un servicio *online* que permita realizar todas las funciones que de él se requieran. La atención telefónica es, sin embargo, un canal muy habitual de comunicación entre abonados y prestador. No obstante, y en adelante, puede considerarse que el trato telefónico no deja de ser una situación en la que un administrativo hace uso del servicio online, con su correspondiente rol en la aplicación y protegiendo en todo momento la privacidad del abonado, para atender a dicho abonado.

### **4.1. RESPONSABILIDADES DEL PERSONAL DEL SERVICIO**

A continuación se enumeran las responsabilidades del personal del servicio de atención al cliente:

- Atender a los clientes para la solicitud de altas, bajas, cambios de nombre, domiciliaciones, nuevas acometidas, cambios de contador, inspecciones, reclamaciones, liquidaciones de facturas, información en general, etc. y cualquier otra inquietud que pueda plantear el cliente.
- Atender al cliente siendo conscientes del ejercicio que están llevando a cabo, como resultado de la puesta en práctica de técnicas de para-lenguaje, control de las emociones, dominio de situaciones, técnicas de negociación, actitudes positivas, transmisión de valores, etc.
- Conocimiento de todos los requisitos contractuales exigibles a los clientes según la normativa municipal.
- Ofrecer la correcta información al respecto de los documentos necesarios para todas y cada una de las transacciones a realizar en la oficina de atención al cliente.
- Recibir todos los documentos, aportados por el cliente, según las distintas transacciones solicitadas, cumplimentando el expediente de requisitos, creado a tal efecto, así como recibir el importe correspondiente de cada una de las transacciones.
- Correcto archivo de la documentación entregada por los clientes.
- Traspasar los documentos y órdenes de trabajo al área de Facturación para efectuar los trabajos o transacciones pertinentes, antes de finalizar la jornada.

- Conocer de forma amplia y general el desarrollo de las actividades de la empresa, y más en profundidad aquellas que le permitan responder y resolver las solicitudes e inquietudes de los clientes.
- Traspasar a la agenda de cada cliente los pormenores de la gestión, respetando el formato aprobado a tal efecto que permita una rápida visualización y conocimiento de la información, desde cualquier punto y por todo el personal de la empresa.

De antemano, el personal del SAC deberá establecer la coordinación necesaria con el área de Facturación, para que toda la gestión con el cliente se realice en el mismo puesto de trabajo del SAC, sin interrupciones, simplificando al máximo la gestión con el cliente, resolviendo las inquietudes en el menor tiempo posible.

## 4.2. GESTIÓN DE LA CORRESPONDENCIA

Aunque los abonados están, por supuesto, invitados a realizar sus solicitudes por escrito, a través de la correspondencia ordinaria, son los medios online los que toman claramente ventaja frente a los medios tradicionales en el mundo actual. El correo ordinario es menos ágil, pero tiene la ventaja de la constancia escrita. Es un medio utilizado sobre todo por organismos oficiales de las administraciones local, comunitaria y estatal. La empresa suministradora gestiona este medio a través de un sistema informatizado donde queda constancia de la entrada y salida de todos los escritos, fechas, agentes que intervinieron en la resolución, copia de los escritos, etc., en definitiva toda la información necesaria para poder reconstruir cualquier solicitud.

Sin perjuicio de que el abonado haya escogido la opción de correspondencia ordinaria o electrónica, la aplicación deberá gestionar ambos canales de comunicación. La gestión del primero permitirá ahorrar un importante tiempo de trabajo a los administrativos, conduciendo a la tan ansiada meta de eficiencia, mientras que el segundo es un incentivo claro porque conduce a una mayor sostenibilidad del servicio.

## 4.3. GESTIÓN SERVICIOS RELACIONADOS CON LA CONTRATACIÓN

Desde el centro de gestión de clientes se podrán realizar todas las operaciones relacionadas con la contratación, desde una contratación, un cambio de titularidad, una baja, etc. Para todo este tipo de operaciones se empleará dicha plataforma *online*.

El cliente realizará su solicitud por teléfono o por Internet. Esta solicitud será gestionada de forma instantánea. Si se cumplen todos los requisitos, técnicos, económicos y administrativos se procede en el momento a ejecutarse la solicitud. El abonado recibirá en el domicilio que ha indicado en su solicitud toda la documentación.

El abonado, vía electrónica o correo con franqueo en destino, devolverá a la empresa suministradora la documentación que se le ha indicado.

Desde el Centro de gestión de clientes se controlará la transmisión de la documentación, se contacta con el cliente en caso de retrasos en la devolución de ésta y en definitiva se gestionará todo el trámite administrativo para que todo quede perfectamente solucionado.

#### **4.3.1. PROCESO DE ALTA**

La contratación del servicio consiste en formalizar el contrato de suministro de agua. Cada contador antes de ser instalado deberá ser calibrado y precintado por el propio fabricante o en laboratorios certificados.

Cuando un nuevo abonado solicite darse de alta en el servicio, la aplicación deberá realizar un seguimiento de la petición e informar instantáneamente al peticionario por correo electrónico. Una vez aceptados los trabajos y costes del mismos (en base al cuadro de precios establecidos por la empresa concesionaria y aprobados por la propiedad), satisfechos los costes de dicha alta y aceptadas las condiciones, el prestador deberá efectuar los trabajos necesarios para efectuar el alta del abonado en el menor tiempo posible.

El proceso de contratación tiene una gran importancia tanto para el cliente como para la empresa concesionaria ya que de su excelencia en el proceso depende que en el futuro el cliente disponga de la calidad del servicio esperada. Que el gestor de cobro no tenga que utilizar parte de sus recursos en corregir cualquier tipo de incorrección que se pusiese de manifiesto durante los procesos de lectura, facturación y cobro. Además, en algunas ocasiones el proceso de contratación va a ser la única vez que se contacte personalmente con el cliente, por lo que el personal de atención al cliente tiene que transmitir al cliente la sensación de que está contratando los servicios con una empresa sólida, dinámica, con conocimiento y calidad del servicio que ofrece. Consiguiendo que el futuro cliente sienta la tranquilidad de que el servicio es una solución a su necesidad y no una imposición de ninguna administración pública.

El proceso de contratación se inicia cuando se recibe una solicitud de contratación del servicio de agua potable realizada por un cliente. Esta solicitud puede corresponder a un edificio, vivienda, local comercial o industria, que bien puede ser de primera ocupación o de segunda ocupación.

El canal utilizado para proceder a la contratación puede ser cualquiera de los actualmente existentes, a saber: oficinas, teléfono, correo ordinario, fax, correo electrónico, etc. pero se debe incentivar el uso de la aplicación *online* por encima de cualquier otro medio alternativo.

Por otro lado, el cliente tendrá que facilitar toda una serie de información que debe poder adjuntarse a su solicitud digital y estar presente a lo largo de todo el trámite. En este contexto, es

también necesario realizar la inspección técnica en los casos que establezca el titular del Servicio, por ejemplo:

- Viviendas o locales comerciales de primera ocupación.
- Locales comerciales, bajos e industrias de segunda ocupación.
- Viviendas de segunda ocupación en el caso que el gestor del servicio lo estime conveniente, sobre la base del historial anterior (fugas, etc.)

Si durante la inspección técnica se observase que alguno de los requisitos exigidos no se cumpliera, se tiene que poner en contacto con el cliente para proceder a su resolución. Una vez obtenido el visto bueno por parte del responsable de dicha gestión, se tendrá que registrar la inspección realizada y toda la documentación queda en la oficina.

Dependiendo de las necesidades del cliente se pueden ofrecer diferentes tipos de contratación, entre los que cabe destacar:

- Alta de viviendas.
- Alta de Servicios Generales, Bocas de Incendio, Riego, Fuentes y Jardines.
- Alta de Reforma.
- Alta de Obra.
- Alta de Continuidad.

Una vez se han cubierto los requisitos anteriormente dispuestos, el cliente deberá aportar toda la documentación que se le requiera. Tras la presentación y supervisión de toda la documentación requerida se cumplimentará el contrato de alta del servicio. Tras las aclaraciones se procederá a la firma de los contratos pertinentes, realizándose la factura de alta y su posterior cobro. El cobro de la factura puede ser realizado bien vía domiciliación bancaria o mediante pago al contado en efectivo o vía talón, invitando siempre al cliente a domiciliar el pago de sus recibos periódicos, explicándole los mutuos beneficios que se obtienen. El titular del servicio, establecerá el plazo a cumplir entre la solicitud del suministro y la colocación del contador, la cual dará posibilidad de poder poner en funcionamiento el suministro.

Todo el mencionado proceso deberá figurar de manera meridiana y transparente en la aplicación online.

### 4.3.2. PROCESO DE BAJA

El proceso de baja de un suministro activo implica la finalización del contrato de suministro de agua. En aquellos casos en que sea posible, a petición del cliente titular del abono o del ocupante de hecho, según establece el titular del servicio, se procederá a cumplimentar la baja en el sistema informático de clientes. La cumplimentación de dicha baja genera una orden de retirada de contador.

Para solicitar la Baja es necesario aportar la documentación que marque el titular del servicio, normalmente el D.N.I. del cliente, en el caso de presentarse el mismo. En el caso de presentarse un representante autorizado deberá presentar la autorización del Cliente, copia de su D.N.I. y el D.N.I. del representante.

Además se deberá abonar la deuda pendiente si la hubiese, rellenar una tarjeta de lectura de contador, para realizar la última facturación, ya que en su defecto se facturará una lectura estimada, y facilitar un teléfono de contacto en caso de encontrarse el contador en el interior de la vivienda, a efectos de coordinar con el servicio Técnico la retirada del contador.

Los tipos de Baja que pueden producirse son:

- **Baja por petición del propio cliente:** el cliente solicita la baja aportando la documentación indicada, procediendo posteriormente a la retirada del contador. Puede ocurrir que el abonado haya fallecido por lo que se tendrá que presentar una fotocopia del Certificado de Defunción junto con el NIF de la persona que solicita la baja (o cualquier otro procedimiento que marque el Titular del Servicio)
- **Baja-Alta de un cliente:** en el caso de tratarse de una baja y nueva contratación, el cliente. En el caso de existir deuda, se actuará a criterio del Titular del Servicio.
- **Baja por impago:** en ocasiones ocurre que un cliente tiene una deuda que se ha intentado cobrar pero no se sabe la localización del cliente ni se puede contactar con él. Entonces, de acuerdo con los procedimientos establecidos por el Titular del Servicio se puede optar por darle de baja, retirando el contador, con el fin de no seguir aumentando una deuda que se sabe nunca se cobrará.
- **Baja por caducidad de los contratos de reforma y obra:** cuando se efectúa el alta de reforma u obra se establece una fecha de baja del servicio entre las partes, es decir el cliente y el Gestor del Servicio. Cuando se cumple esta fecha se procede a la baja por caducidad.

En cualquiera de los tipos de baja, la ejecución técnica puede ser una u otra, desde retirar un contador a simplemente precintarse la llave de contador, una vez cerrada, o incluso en viviendas unifamiliares precintarse la llave de acometida o incluso retirar ésta.

El cliente podrá realizar la gestión de la Baja utilizando cualquiera de los canales de comunicación expuestos en el punto anterior.

#### **4.3.3. DOMICILIACIÓN BANCARIA**

Es la única forma de pago que debe permitirse a través del centro de gestión de clientes. El abonado deberá aportar los 20 dígitos que componen el código de la cuenta del cliente, quedando la información registrada en el sistema de gestión de abonados.

#### **4.3.4. DUPLICADO DE FACTURAS**

Los abonados deben poder solicitar a la empresa suministradora duplicado de facturas con una antigüedad de, al menos, 5 años. Estas facturas pueden ser remitidas al abonado por el medio que él solicite, correspondencia, fax, internet, de forma presencial en las oficinas. Como en todas nuestras actuaciones, la comodidad y la satisfacción del cliente debe ser el objetivo principal.

### **4.4. GESTIÓN DE RECLAMACIONES**

Esta actividad contempla, como su propio nombre indica, la resolución de los requerimientos planteados por los clientes y que exigen una actuación rápida y ágil por la naturaleza de la solicitud presentada.

El cliente plantea aclaraciones sobre la facturación, o dicho de otra forma, que le den explicaciones sobre lecturas, consumos, períodos y conceptos facturados. Toda esta información es compartida con el cliente gracias al sistema informático integral que se plantea en el presente documento. El sistema debe permitir acceder a cualquier tipo de sugerencia que el cliente pueda realizar, así como detectar cualquier tipo de intento de abuso de confianza por parte del cliente.

Cualquier queja o reclamación presentada por un abonado deberá ser inmediatamente atendida, solucionada a la menor brevedad posible, estableciendo objetivos de calidad. No obstante, estas consultas o reclamaciones, son por su naturaleza las que mayor tiempo conllevan. Posiblemente den lugar a sucesivas intervenciones, por lo que el seguimiento del proceso debe estar meridianamente claro tanto por la empresa como por el solicitante.

Atendiendo al tipo de reclamaciones que provocan una devolución de importe previamente cobrado, se pueden destacar casos concretos como pudieran ser:

- **Las duplicidades de cobros:** expuestas en el capítulo de duplicidades de cobro. Consiste en que se ha producido el pago duplicado del mismo recibo. A la hora de producirse la reclamación el recibo puede figurar en el sistema informático como pagado, o como pendiente por no haber llegado todavía la comunicación de los pagos efectuados en ventanilla de banco. Si aparece en el sistema como pagado, se reintegrará al cliente el importe a cambio del recibo físico que no consta como pagado en el sistema. En el caso de constar como pendiente, al cliente se le reintegrará el importe a cambio de uno de los recibos físicos y la fotocopia de la que se queda en su poder. El sistema de cobros duplicados controla toda la operación y deja la situación en claro.
- **Los pagos indebidos:** es el pago por error de una factura que corresponde a otro cliente. Hay que investigar la realidad de la no-correspondencia del pago por el reclamante. Una vez solucionado se retorna el importe a cambio del recibo físico, firmado por el reclamante y fechado.
- **Los pagos mal facturados por lectura de otro contador:** la causa puede ser por error inicial desde la primera lectura, por cambio en las chapas de identificación o por modificación de la ubicación. Se realiza una inspección para identificar el contador o contadores implicados y subsanar las anomalías. Se anulan y vuelven a facturar los recibos de nuevo, contactando con los dos clientes, reintegrando al perjudicado la diferencia y cobrando la liquidación resultante al abono beneficiado inicialmente.
- **Recibos con lecturas incorrectas:** puede ser debido a que la cumplimentación, interpretación o grabación de las tarjetas de lectura de cliente no ha sido correcta. Puede ser un error de los lectores al leer el contador o un error en la grabación de la lectura si esta no ha entrado por terminal portátil. Una vez constatadas las lecturas, mediante la revisión oportuna, se anula y vuelve a facturar por el consumo real.
- **Recibos con errores de facturación:** este tipo de error es cada vez más improbable, ya que en la actualidad todos los cálculos de tarifas están informatizados. En el caso se anula y se contabiliza comprobando la corrección.
- **Facturación excesiva en un contador averiado o con funcionamiento errático:** se solicita el cambio de contador y se liquidará según el consumo real obtenido en las próximas lecturas. Se anula y se contabiliza por un consumo proporcional.
- **Promedio excesivo en cambio de contador:** análogo al caso de contador averiado cuando se ha cambiado antes de leer para facturar. Se anula y contabiliza como mínimo el consumo registrado por el nuevo contador.

En el caso de que el cliente tenga dudas sobre el correcto funcionamiento del contador se deben realizar cuantas verificaciones sean necesarias, llegando a sustituir el mismo temporalmente por otro recién verificado por industria. En el caso de tratarse de contador alquilado, los gastos de verificación son por cuenta de la empresa concesionaria si efectivamente el funcionamiento estaba siendo erróneo. Bajo idénticas circunstancias, en el caso de contadores propios, es el propietario quien sufraga el gasto correspondiente. En el caso de que se demuestre que efectivamente el contador tenía un mal funcionamiento, se efectuará la liquidación correspondiente de acuerdo con la legislación de aplicación a los criterios expresados por el titular del servicio.

La atención de cualquier reclamación podrá realizarse utilizando cualquiera de los canales de comunicación indicados, incentivando en todo momento la vía electrónica. Del mismo modo la resolución de ésta y su comunicación se realizará utilizando cualquiera de estos medios, pudiendo por completo solucionar una reclamación desde su exposición hasta el hipotético caso de devolución sin tener que acudir a las Oficinas del Gestor del Servicio, simplemente mediante una carta o con una llamada telefónica, o desde su casa vía Internet.

#### **4.5. GESTIÓN TELEFÓNICA DE MOROSOS**

Una vez terminado el plazo voluntario de pago, el abonado entrará en proceso de corte de suministro. La primera acción que se realizará es la notificación de Corte de Suministro. Si llegado el plazo el abonado no ha pagado, se procederá a cortarlo, siempre bajo la supervisión de la propiedad, instalando un disco ciego. La gestión electrónica de morosos se llevará a cabo cuando el contador se encuentre en el interior de la casa y no se pueda proceder a su corte.

Debido a la importancia de cómo se van a gestionar los impagados, este apartado se desarrollará ampliamente en el documento de la presente oferta “Plan de Gestión de Cobros” de esta misma oferta.

##### **4.5.1. GESTIÓN DE CORRESPONDENCIA DEVUELTA**

Toda la correspondencia devuelta será tratada para averiguar el motivo de su devolución. Se contactará con el usuario de la vivienda, se actualizará la titularidad del suministro, se actualizará la información del abonado en lo referente a datos personales, se modificarán los datos de domicilio de envío de la correspondencia si el cliente así lo solicita, incluso se procederá al cobro de deuda si la hubiese.

El control de la correspondencia devuelta es una de las actividades que se incluyen dentro del proceso de actualización de la base de datos, como medida continua para el buen funcionamiento

de la gestión de los abonados, tanto en los procesos de facturación y cobro como en los de atención al cliente.

#### **4.5.2. GESTIÓN DE RUTAS**

Muchos de los trabajos relacionados con el aparato de medida, instalación por alta de suministro, cambios por mantenimiento, retirada por baja del suministro, inspecciones del funcionamiento para la resolución de reclamaciones, verificaciones, etc. deben realizarse en presencia del abonado. Por este motivo debe existir una coordinación entre el operario y el abonado de forma que ambos pierdan el mínimo tiempo posible. Tanto para el cliente, por la desagradable espera, como para la empresa suministradora, es muy poco productivo que sus operarios pierdan el tiempo esperando a que los abonados se presenten en los puntos de suministro, así como perder tiempo en desplazamientos de un punto al otro de la ciudad.

La coordinación de ambos se realiza desde el centro de gestión de clientes de manera electrónica. Conseguir las citas con los clientes a horas determinadas con un criterio de optimización de recorridos será el objetivo. Cualquier variación o retraso por cualquiera de las partes es detectado por el Centro de Gestión de Clientes el cual alerta a la otra parte para su conocimiento y toma de decisión, con la consiguiente solución del problema.

#### **4.5.3. GESTIÓN DE LLAMADAS Y CORREO ELECTRÓNICO INTERNO**

Otra de las funciones que se realizarán desde el centro de gestión de clientes es la transmisión de llamadas telefónicas y correos electrónicos desde el exterior de la empresa al interior de la empresa suministradora. Esta transmisión se realizará de forma automática a través de una operadora automática.

### **4.6. PROCESO DE FACTURACIÓN Y COBRO**

La factura es el elemento vehicular último y que transmite todo el proceso de gestión del servicio de gestión integral del agua desde la empresa concesionaria hacia los abonados. Como tal, es fundamental que la factura sea indicativa de lo que en realidad se está facturando al usuario final, por lo que la información que en ella se representa debe ser clara y de fácil entendimiento. La información que al menos debe aparecer en ella es la siguiente:

- Identificación del cliente
- Número del contrato de suministro o de póliza
- Fecha de la factura
- Periodo de la facturación

- Fecha de la última lectura y de la anterior
- Metros del contador de la última lectura y de la anterior
- Consumo medio de los últimos tres periodos de facturación
- Diámetro del contador, clase y número de serie
- Fecha del Acuerdo Municipal de aprobación de las tarifas
- Importe desglosado de cada uno de los conceptos tarifarios aplicables
- Importe total sin IVA
- IVA correspondiente a cada uno de los conceptos, e IVA total
- Importe total de la factura con IVA
- Último día de pago
- Lugares y formas de pago
- Identificación del prestador, dirección y número de teléfono a efectos de consultas y reclamaciones
- Página web donde poder visualizar facturas y datos relativos al contrato, realizar consultas, información y opiniones respecto al servicio.

El importe de las facturas será el resultado de:

- Aplicar las tarifas al volumen facturado
- Los impuestos
- La cuota por mantenimiento de contadores
- Tantas tarifas complementarias como sean de aplicación según las ordenanzas municipales que sean de aplicación.

Por otro lado, las facturas deben utilizarse para transmitir información adicional en forma de acontecimientos, noticias, sugerencias, etc. que sean de interés para los abonados del servicio:

- Inversiones que se van a efectuar
- Eventos que se van a celebrar
- Consejos que redunden en beneficio de la comunidad

- Avisos personales para los abonados
- Información cultural relativa a la ciudad
- Teléfonos de interés que faciliten el bienestar de los ciudadanos como el de Cruz Roja, Policía Local, etc.
- Felicitaciones puntuales en ocasiones especiales (fiestas nacionales, autónomas o locales).
- Avisos de las instituciones cuando la propiedad así lo permita o lo indique.

La factura constituye la mejor cadena de distribución de la ciudad por varias razones. Fundamentalmente: (i) tiene una penetración absoluta ya que llega a todos los hogares; (ii) es vista por los habitantes de todos los domicilios.

Dados los medios electrónicos de los que se dispone en la actualidad, es imperativo facilitar el acceso a las facturas vía electrónica, a través de una oficina virtual. Dicha oficina virtual deberá garantizar que el abonado pueda, como mínimo:

- Consultar datos básicos del abastecimiento
- Consultar el histórico de consumo y consumos medios por vivienda
- Solicitar la aclaración o información adicional sobre los términos y tarifas que explican su facturación

Desde un punto de vista medioambiental, la factura electrónica repercute positivamente y de forma directa en el entorno, por lo que puede ser buena idea primar a aquellos abonados que soliciten recibir sus facturas a través de este medio.

## **5. SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

### **5.1. GENERALIDADES**

Un Sistema de Información Geográfica (también conocido con los acrónimos SIG en español o GIS en inglés) es un conjunto de herramientas que integra y relaciona diversos componentes (usuarios, hardware, software, procesos) que permiten la organización, almacenamiento, manipulación, análisis y modelización de grandes cantidades de datos procedentes del mundo real que están vinculados a una referencia espacial, facilitando la incorporación de aspectos sociales-culturales, económicos y ambientales que conducen a la toma de decisiones de una manera más eficaz.

En el sentido más estricto, es cualquier sistema de información capaz de integrar, almacenar, editar, analizar, compartir y mostrar la información geográficamente referenciada. En un sentido más genérico, los SIG son herramientas que permiten a los usuarios crear consultas interactivas, analizar la información espacial, editar datos, mapas y presentar los resultados de todas estas operaciones.

En este apartado se introducen las características básicas que debe ofrecer dicho sistema cuando de la gestión de una red de abastecimiento domiciliario de agua potable se trata. Entre estas funcionalidades básicas que se incluyen:

- Visualización vectorial y ráster. Conversión de ráster a vectorial y de vectorial a ráster.
- Desplazamiento, localización por georreferenciación, zoom, etc.
- Vinculación con bases de datos externas, en particular las referidas al inventario y a la base de datos de abonados, que permitan consultas SQL y la visualización de datos alfanuméricos.
- Vinculación con el sistema de telecontrol de las infraestructuras del servicio.
- Integración con dispositivos móviles (teléfonos móviles, tablets, etc.) tanto para la recogida de datos como para la consulta de información de la infraestructura de la red.
- Navegación por la cartografía de forma intuitiva, mediante desplazamiento, zoom y localizador de fácil manejo.
- Activación, desactivación y ordenación de las diversas capas de información.
- Herramientas de selección, edición, dibujo y utilización de leyendas.
- Herramientas de medición de distancias y áreas.
- Establecimiento de escalas gráficas y orientación espacial.
- Módulo de impresión que permita definición del tamaño de página, escalas, impresión en color, etc. Posibilidad de personalización de los impresos permitiendo la inclusión de logos, notas, imágenes, etc.
- Módulo de importación y exportación que permita el tratamiento de los formatos GIS más habituales: Shapefile, DXF, DWG, DGN, TIFF, GIF, ECW, JPEG, etc.
- Manejo y visualización de Ortofotos (ECW, MrSID, etc.)
- Conversor de los diferentes sistemas de coordenadas

- Posibilidad de georreferenciación de la información.
- Gestión de informes y planos, entendiendo por informe el resultado de un filtrado por una serie de datos básicos
- Captura y almacenamiento de los datos que proceden de los diversos departamentos de la empresa (bases de datos alfanuméricos, espaciales, etc.)

Un aspecto importante en el desarrollo del proyecto SIG es la definición del sistema de gestión de **bases de datos** de la que se alimentará la aplicación desarrollada. Por su amplia utilización en el sector tecnológico y su facilidad de uso, la utilización de MySQL como gestor de base de datos es la más idónea. No obstante, MySQL puede provocar problemas de integridad en entornos de alta concurrencia en la modificación. Esto es, en entornos donde se produzcan múltiples modificaciones simultáneas de datos puede ser preferible acudir a otro gestor. No obstante, esta situación solo ocurrirá en grandes abastecimientos de grandes ciudades, con gran cantidad de equipos operacionales y técnicos accediendo a la información de manera simultánea. Para subrayar la improbabilidad de que esto ocurra, basta decir que la mayoría de aplicaciones informáticas de las grandes tecnológicas, con millones usuarios diarios, utilizan MySQL como base de datos.

Es fundamental, por otro lado, asegurar que el contenido del SIG pueda ser accesible por parte de la propiedad y que su actualización sea en tiempo real. En este sentido, cobra especial importancia la vinculación del telecontrol, las tareas de control de calidad y el modelo matemático de la red con el SIG. No obstante, debe trabajarse bajo la hipótesis de que esta vinculación pueda romperse en todo momento para evitar dependencias entre unos softwares y otros. Desde un punto de vista informático, una vinculación que respete esta propiedad recibe el nombre de **middleware**. Un **middleware** es un software que asiste a una aplicación para interactuar o comunicarse con otras aplicaciones, software, redes, hardware y/o sistemas operativos. Éste simplifica el trabajo de los programadores en la compleja tarea de generar las conexiones que son necesarias en los sistemas distribuidos. De esta forma se provee una solución que mejora la calidad de servicio, seguridad, envío de mensajes, directorio de servicio, etc.

En definitiva, el SIG estará asociado a varias bases de datos en donde se encontrarán almacenados toda la información del sistema (abonados, consumos, lecturas del contador, facturación, etc.) de tal forma que el SIG, como tal, constituya una herramienta de visualización y tratamiento espacial de datos que incorpore única y exclusivamente la información geoespacial a dichos elementos.

Una vez realizada la tarea de implementación de la solución de gestión es imprescindible realizar **la formación del personal** de la empresa encargado del manejo del sistema. Esta es, sin ninguna duda, la tarea más importante para asegurar el éxito en la explotación y mantenimiento del SIG.

Se detallan a continuación las características a cumplir por la aplicación SIG, tanto a nivel general de una aplicación SIG, como de aquellas funcionalidades específicas para la gestión de un abastecimiento urbano de agua.

## 5.2. FUNCIONES GENERALES

### 5.2.1. ESTRUCTURA DE BASE DE DATOS

El sistema debe permitir la conectividad y acceso simultáneo a los gestores de bases de datos más utilizados a nivel comercial, tales como Oracle, Sysbase, Ingres, Informix, SQL Server, y otras bases de datos compatibles ODBC, etc. La aplicación debe estructurarse de forma **modular**, de forma que pueda asegurarse el desarrollo de conectores adicionales o **middlewares** que aseguren la conectividad con otras fuentes de datos.

### 5.2.2. CAPACIDADES DE INTERCAMBIO

El sistema debe proporcionar la capacidad de utilizar los formatos y material de terceros sin necesidad de realizar procesos de importación. Adicionalmente, debe proporcionar un formato propio de almacenamiento en base de datos que optimice los tiempos de acceso, consulta y edición y permita la realización de todas las operaciones en los equipos de la red de área local y de Internet. Debe permitir eliminar, si se desea, la existencia de ficheros gráficos en el sistema, estando toda la información, a excepción de ortofotos, en la base de datos, manteniendo invariable la posibilidad de exportar a distintos formatos comerciales.

Por otro lado, debe posibilitar una perfecta integración con el entorno Microsoft Office (Excel, Access) y total compatibilidad con ficheros dBase, FoxBase, Lotus 1-2-3 y ficheros ASCII, permitiendo el directo y completo intercambio de datos.

Además, debe permitir el tratamiento directo de ficheros CAD, y el traspaso de información entre distintos formatos, ya sea mediante la activación de un proveedor que sea capaz de leer el tipo de dato, o realizando una migración previa con herramientas como Universal Translator, que permite el intercambio desde formatos CAD (DWG/DXF/DGN) o GIS, como SHP, E00, SDTS y VPF, a formatos de salida a DWG/DXF/DGN, SHP y E00, además de integración completa con archivos TAB y MIF de MapInfo.

### 5.2.3. CONTINUIDAD ESPACIAL

El SIG propuesto debe permitir realizar una cartografía continua, tanto a nivel de base urbana como de ortofotos. El usuario del SIG no debe percibir ninguna separación del contenido en ningún momento ni el trazado de infraestructuras estar situado en hojas distintas.

### 5.2.4. INTERFAZ DE USUARIO

La interfaz de la aplicación debe ser simple, de fácil manejo y con un modelo de datos flexible y personalizado a cada tipo de usuario, capaz de adaptarse a las necesidades de cada explotación. En este sentido, el uso y funciones requeridas por cada tipo de usuario se analizaron de forma extensa en el apartado correspondiente. El software debe estar desarrollado íntegramente en castellano e incorporar menús de ayuda al usuario. No obstante, la traducción a otros idiomas debe ser inmediata mediante ficheros autónomos.

La información debe poder ser gestionada en múltiples escalas y formatos. Así mismo, se contempla la representación de elementos de detalle, como cámaras de llaves, cuartos de bombeo, etc.

Debe permitir la visualización de datos en tres formatos, de manera simultánea: mapas, gráficos y tablas, para la caracterización tanto gráfica como alfanumérica de los elementos de red.

Debe proporcionar una gran variedad de funciones para la representación gráfica de elementos, con diferentes escalas, formatos, texturas y colores, y simbología representativa de la realidad.

Debe permitir operaciones de búsqueda y consulta de datos alfanuméricos, geométricos y avanzados utilizando el asistente SQL incorporado, con funciones capaces de realizar análisis geográficos con cualquiera de los formatos de fichero soportados; crear nuevas bases de datos, modificar estructuras e indexar cualquier campo desde el propio sistema.

### 5.2.5. INTEGRACIÓN RÁSTER VECTORIAL

La aplicación debe poseer una amplia variedad de funciones para la representación gráfica de elementos, con diferentes texturas y colores, y simbología representativa de la realidad. Deberá permitir, además, incorporar como fondo a la cartografía: fotografías, ortofotos o modelos digitales del terreno (MDT).

### 5.2.6. PROGRAMACIÓN

La aplicación debe ser fácilmente programable para permitir la implementación de aplicaciones, como se verá a continuación, permitiendo las funciones de navegación, consulta y modificación de los datos en función del tipo de acceso que se quiera. Es importante destacar que, gracias a la plataforma de desarrollo empleada, deberá ser proporcionar un toolkit de desarrollo que, en un

entorno como Visual Studio o equivalente, proporcione la capacidad de desarrollar soluciones específicas para necesidades concretas, ampliando la extensa funcionalidad de la aplicación tanto como se desee.

### 5.2.7. APLICACIÓN WEB

Además del software en entorno cliente/servidor, la solución deberá permitir mostrar y consultar la información espacial a través un servidor de mapas para Internet. La misma información que se muestra en el GIS deberá poder ser consultada desde un entorno web sin necesidad de realizar costosos mantenimientos y/o copias de información.

La aplicación de consulta web permitirá el acceso desde internet o desde la intranet corporativa a la información almacenada en la base de datos. Las características principales de la aplicación web son:

- Entorno de fácil uso, con una interfaz similar a la aplicación cliente/servidor
- Añadir/quitar capas. Podrán añadirse redes de distribución y bases urbanas.
- Control sobre la visualización. Podrán especificarse rangos de visualización, simbología, etiquetado, etc. en el archivo de configuración.
- Generación de consultas SQL mediante asistente. Podrán generarse consultas sobre cualquier elemento de Red y/o Base Urbana. Una vez generada la consulta puede imprimirse el resultado y/o ubicar los elementos seleccionados en el mapa.
- Consulta alfanumérica sobre los diferentes elementos directamente en el mapa.
- Informe del elemento seleccionado. A partir de la consulta SQL, el usuario podrá generar una ficha imprimible para cada elemento que incluye su ubicación geográfica y sus características alfanuméricas.
- Gestión de Usuarios. El sistema permitirá definir distintos usuarios, cada uno de los usuarios se ajustará los perfiles predefinidos que serán edición, administración y desarrollo.

### 5.2.8. DISPOSITIVOS MÓVILES

La información contenida en el GIS puede transferirse a dispositivos móviles tipo PDA, con la finalidad de dotar del equipamiento adecuado que mejore la realización de los trabajos de campo al personal técnico. La transferencia de información desde el GIS instalado en cualquier puesto perteneciente a la intranet hacia la PDA desde donde igualmente se puede hacer la toma de datos alfanumérica de las infraestructuras y resto de elementos que comprenden una red. La utilización

conjunta de planos de campo y dispositivos móviles (PDA) permitirá la toma de datos alfanumérica de las infraestructuras, redes y elementos de las mismas y la asociación con las fotografías de detalle y su punto o ubicación sobre la cartografía. Con los planos de campo y estos dispositivos quedarán perfectamente representadas las redes con sus acotaciones precisas y todas las conexiones de las tuberías, conductos y el resto de elementos de las mismas.

Los operarios y técnicos podrán llevar los terminales PDA citados y dentro de ellos los ficheros con la cartografía de las redes preexistentes y el montaje de las bases urbanas y el callejero. La carga de datos alfanumérica se recogerá a través de PDA sobre listados de valores, o maestros de datos, o bien en campo validados.

La capacidad para el manejo de datos cartográficos que actualmente ofrecen las PDA es suficiente para visualizar la cartografía base. El trabajo de campo de comprobación y toma de datos de las infraestructuras se recogerá en fichas creadas en la PDA. Así mismo, en la PDA se podrán recoger la ubicación de los elementos puntuales de las infraestructuras, realizando las acotaciones a estructuras fijas y los trazados de tuberías y conductos en los planos de campo.

La propuesta de trabajo se basa en una transferencia de datos iniciales de cartografía y de listados desde un PC a la PDA, y posteriormente a las jornadas de trabajo de las brigadas, desde la PDA al equipo PC.

La cartografía se podrá consultar en la PDA con total claridad y con la capacidad de consultas básicas de información.

La información recogida en las PDA se completará con la toma en campo en planos (acotaciones, por ejemplo), croquis de instalaciones interiores (bombeos, depósitos, etc.), o de instalaciones singulares como ETAP o EDAR, etc.

La información de las redes podrá visualizarse en la PDA con un aspecto similar al de un GIS aportando las mismas funcionalidades para realizar las cargas alfanuméricas, como a modo de ejemplo pueda ser los campos calculados, etc. Con la configuración de una conexión GPRS, previamente a activar el servicio con el correspondiente operador telefónico, se logra disponer de un dispositivo perfectamente adaptado a una conexión inalámbrica para la transferencia bidireccional de datos.

Por otra parte, la herramienta tecnológica deberá posibilitar la generación de **un cuaderno de inventario** con una periodicidad establecida. Pero además, dado que toda la información se encuentra reflejada en tiempo real (se entiende por tiempo real el tiempo necesario entre la introducción de los datos on-line en el sistema y la consolidación de los mismos por el responsable; si no se estiman necesarios controles de calidad adicionales tiempo real significa en el momento) puede generarse dicho cuaderno de inventario cada vez que se considere necesario.

La potencia del software debe permitir generar los informes, una vez definidos, combinados con los planos correspondientes y, en general, con toda la documentación adicional que requiera la propiedad, tales como fotografías, croquis de detalle, etiquetado solicitado, tablas etc. Este informe será, evidentemente, modificable en caso de que se necesite incorporar al mismo información adicional a la definida inicialmente.

Es de destacar que, dado que la base general del GIS debe ser rápidamente instalable, la implantación del cuaderno de inventario automatizado puede entrar en funcionamiento en una fase muy temprana tras el inicio de la gestión.

### **5.2.9. OTRAS CARACTERÍSTICAS DE INTERÉS**

#### **MÓDULO DE GESTIÓN DE BASE URBANA**

Uno de los aspectos más importantes para la perfecta georreferenciación es la recopilación y análisis de las bases cartográficas existentes que abarquen la totalidad del territorio en donde se ubican las infraestructuras del servicio.

Tras esta etapa se estudiará el grado de adecuación de la cartografía. La representación de las redes de abastecimiento se realizará mediante el análisis de los siguientes parámetros:

- Comprobación del área abarcada por la base cartográfica en cuestión, determinando si la zona de actuación se encuentra englobada en ella.
- Determinación del grado de actualización de la información contenida en la base en cuestión.
- Análisis de la información contenida en la base en cuestión, haciendo especial hincapié en la existencia de información que permita posteriormente la correcta acotación de los elementos que componen el sistema de abastecimiento.

El procedimiento a seguir consiste en una serie de etapas que se explican a continuación.

#### **MONTAJE DE BASES URBANAS**

Tras la elección de la base cartográfica de referencia, se procederá al montaje de las distintas hojas que la componen, para la consecución de una base cartográfica continua.

#### **TRASPASO DE BASES URBANAS A FORMATO GIS**

La cartografía en formato CAD mencionada anteriormente se deberá convertir a un formato SIG, para adaptarla a la aplicación final. Esta conversión se realizará también de forma automática, empleando para ello los conversores que el paquete de software deberá incluir.

## **NORMALIZACIÓN DE ENTIDADES**

Una vez la base cartografía se encuentra en formato GIS, será necesario normalizar las entidades de base urbana para que presenten una apariencia similar, en función de lo que representen. Así pues, los edificios irán sombreados, las líneas de acera en trazo fino, las curvas de nivel con un color determinado, etc. Estas tareas de normalización son importantes para facilitar la comunicación de los datos.

## **TRABAJOS DE TOPOLOGÍA Y POLIGONACIÓN SOBRE BASES CARTOGRÁFICAS**

Los trabajos de poligonación complementan a los trabajos de topología, y consisten en “cerrar” las entidades que conforman regiones para dar paso a sólidos definidos y coloreados. Tal es el caso de los edificios, los cuales son convertidos en regiones.

## **CREACIÓN DEL CALLEJERO DE REFERENCIA**

El concepto de callejero se basa en una serie de asociaciones existentes en nuestra aplicación GIS que permiten la perfecta referenciación de cualquier elemento de la red (tubería, elemento, acometida) a una dirección fija (avenida, calle, plaza), pudiendo indicarse además las posibles conexiones con otras vías colindantes.

El callejero se basa en dos conceptos diferenciados: Por un lado, se encuentra la tabla alfanumérica con la información de los nombres de vías, y por otro, la información gráfica, representada por entidades que denominamos “Tramo de Vía”.

## **GENERACIÓN DEL MODELO DIGITAL DEL TERRENO (MDT)**

Una vez realizados todos los trabajos anteriores, y en el caso de que la base cartográfica de referencia tuviese datos altimétricos en el formato, ya se puede proceder a la creación del Modelo Digital de Terreno (en adelante, MDT), con objeto de poder asignar posteriormente cotas altimétricas a las entidades presentes en el sistema de redes de la Zona de Actuación, en este caso de Burriana.

La mayor ventaja de generar el MDT es poseer la cobertura total de datos de elevación de la superficie tratada. Al obtener toda esta información, se obtiene de forma inmediata el valor de la cota altimétrica de cualquier punto de la cartografía, lo que permite situar depósitos, orígenes del agua, uniones entre tuberías, válvulas, etc., imprescindible para la posterior realización de modelos matemáticos de la red.

A la hora de realizar el modelo, se distinguirán tres partes:

- **Depuración de datos de altimetría incorrectos.** En el caso de que la base cartográfica que se traspasó desde su origen presente algún dato de altimetría nulo o incorrecto, mediante consultas y mapas temáticos se podrán resaltar aquellas que vengan con este

defecto. Una vez localizadas, se procederá a corregir sus errores de dato. En la siguiente imagen se muestra un ejemplo de localización de estos errores.

- **Conversión de entidades lineales a puntos.** Con herramientas específicas se conseguirá una nube de puntos (con datos de altimetría) sobre la que se generará el futuro modelo. En este conjunto de puntos estarán representados todos los vértices de las polilíneas que formaban las curvas de nivel, y los puntos acotados que ya existían. La imagen siguiente muestra un ejemplo de esta transformación.
- **Generación del MDT.** Se hará mediante mapas temáticos de tipo Grid. Para ello, se emplearán las herramientas correspondientes en GIS y se establecerán unos parámetros de ajuste para que el MDT sea lo más preciso y óptimo posible. También se marcarán unas tintas hipsométricas coherentes, empleando gamas de colores que van desde el verde al blanco, pasando por ocres para valores de elevación intermedios.

### **CARACTERÍSTICAS RELATIVAS A LA PRECISIÓN**

El software deberá cumplir y superar las necesidades de precisión requeridas, incluso las que en un futuro pudiesen ser necesarias. El uso habitual de PDAs con GPS incorporado en el trabajo diario permite almacenar las coordenadas de cada elemento de la red con la precisión que proporciona el Sistema de Posicionamiento Global (GPS).

### **CARACTERÍSTICAS INTEGRADAS**

El GIS debe permitir, gracias a su capacidad de ampliación y programación, generar un entorno único de trabajo que aúne las capacidades CAD y las capacidades GIS. Esto generará un importante ahorro en costes de licencias y en necesidad de formación de otros sistemas, así como en la generación de un repositorio único de información. Si no es necesario, por ejemplo, utilizar Microstation para trazar una paralela a una línea existente, no será necesario verificar que las versiones de los diferentes archivos son las correctas. Toda la información se contrará en la base de datos y es la propia base de datos la que gestiona la concurrencia en los accesos, la trazabilidad de los elementos, etc.

## **5.3. FUNCIONES ESPECÍFICAS DE UN ABASTECIMIENTO URBANO**

### **5.3.1. CONTROL DE CALIDAD DE REDES**

El programa debe asegurar la topología de la red, desde el mismo momento que se están introduciendo los elementos, no permitiendo al usuario introducir en la red elementos con errores. Esta tecnología proporciona al usuario múltiples ventajas. Fundamentalmente: las tuberías existentes en los ficheros del GIS actual suelen estar divididas por cada elemento que se sitúa

sobre ellas, creando multitud de elementos gráficos que en realidad son la misma tubería, lo que suele llevar asociada la repetición constante de sus datos alfanuméricos asociados. Asimilando que una tubería es un solo elemento gráfico desde su nudo inicial al final, y que los elementos se sitúan sobre ella sin provocar rupturas, ni siquiera vértices innecesarios, los elementos quedan perfectamente asociados a esta, en virtud al sistema topológico que permite la conexión en segmentos. Con ello se reduce notablemente la carga de datos y se optimizan tareas como el movimiento de nudos y vértices, proponiendo un interface lógico donde, al iniciar la edición de un elemento, este se mueve de forma natural, arrastrando con él todos los elementos asociados.

### **5.3.2. INTEGRIDAD DE LOS DATOS**

La integridad de los datos que definen los elementos de las redes para facilitar el control de la calidad de los mismos estará condicionada a una serie de mecanismos:

1. Campos obligatorios a rellenar para la correcta definición de los elementos de las redes de abastecimiento y alcantarillado.
2. Introducción de valores maestros dentro de un rango de valores que son los que definen la realidad del propio elemento de la red.
3. Configuración de los valores predeterminados para la introducción más rápida y fiable de los datos.
4. Control de calidad de redes: El programa asegura la topología de la red, desde el mismo momento que se está introduciendo los elementos, no permitiendo al usuario introducir en la red elementos con errores.

Con ello se asegura una correspondencia biunívoca (1 a 1) entre los objetos gráficos y los alfanuméricos. El elemento está sobre el tramo que dice la base de datos. Se almacenan las relaciones de conectividad tramos y nudos, con lo que se permite proporcionar herramientas que crean topología.

### **5.3.3. MÓDULO DE POLÍGONOS DE CORTE**

El GIS deberá poseer una aplicación para confeccionar polígonos de corte en la propia red de distribución objeto de análisis para optimizar su gestión. Esto permitirá la simulación de maniobras de corte en la propia red de distribución ante averías y cortes.

Una vez definido un polígono de corte determinado, el programa determina las válvulas a cerrar para realizar dicho corte, controla la totalidad de elementos afectados (depósitos, bombeos) e identifica las acometidas afectadas y, por consiguiente, a los usuarios implicados.

Al concluir la maniobra de cierre el servicio de aguas cargará en una base de datos los tiempos reales de comienzo de la maniobra y finalización de la misma, así como las posibles incidencias y eventualidades que se pudieran producir en esta maniobra. Cada maniobra quedará registrada con un único código de identificación y toda esta información quedará representada debidamente en el SIG. Debido a la maniobra se dispondrá de un campo de información donde incluir cualquier reclamación de los abonados afectados por la misma, así como las válvulas maniobradas que pasarán a actualizar la base de datos que gestione el departamento de mantenimiento con lo que se asegura un control estadístico de las reclamaciones y de las maniobras realizadas.

Dado que el trazado de las conducciones de agua potable quedarán divididos en tramos donde está definida a priori su longitud máxima o el número de viviendas a las que puede abastecer y por lo tanto, la red de distribución quedará dividida en polígonos de corte mallados y el criterio que se seguirá estará en función del número máximo de habitantes a servir, de una longitud máxima que no se debe superar o por un área perfectamente delimitada en su valor máximo, se tendrá el diseño de todas las válvulas de corte de la red de distribución.

Para asegurar un correcto programa de mantenimiento de, tanto las válvulas como de, los polígonos de corte, se establecerá un mantenimiento preventivo que incluirá la revisión de las mismas una vez cada semestre. Este programa quedará reflejado en una base de datos integrada en el GIS.

#### **5.3.4. EXPORTACIÓN A EPANET**

El GIS deberá permitir la vinculación dinámica y directa con software de modelización matemática (EPANET), con él se puede exportar la información necesaria para la modelización matemática de toda la red:

- Topología de la red de abastecimiento
- Asignación de las cotas provenientes del MDT (Modelo Digital del Terreno)
- Asignación de consumos a los nudos del modelo, mediante la vinculación con el sistema de gestión comercial.

Así mismo, una vez obtenidos los resultados de la modelización, éstos se podrán importar de vuelta al GIS.

A partir de esta vinculación dinámica y directa con el software de modelización matemática se estará en condiciones de exportar los datos y funcionamiento de la red de distribución de agua potable para generar el respectivo modelo de detalle de funcionamiento bajo distintos escenarios (tanto del pasado para examinar posibles incidencias y sus causas, como actuales y futuros). El modelo generado incluirá todos y cada uno de los elementos inventariados y recogidos en el GIS.

La asignación de consumos para la generación del modelo matemático se formulará a partir de los datos registrados de consumos y la facturación de los abonados. Estos consumos aparecerán georreferenciados en el GIS. Los consumos no facturados pero sí registrados serán tenidos en cuenta igualmente para la generación del modelo matemático. El riego de jardines, el consumo de los hidrantes contra incendio, el consumo municipal y el estimado en tareas de mantenimiento será de igual manera también tenido en cuenta.

En cuanto al caudal inyectado en la red de distribución con su variación temporal será modulado por horas.

El algoritmo utilizado contempla la posibilidad de trabajar con la ecuación de pérdidas de Darcy-Weisbach y será la propiedad, quien precise en su momento, los requerimientos técnicos mínimos para el tratamiento de la evolución temporal de los datos del modelo. El modelo generado incorporará la posibilidad de modificar temporalmente los caudales a lo largo de un día y como mínimo en el intervalo de una hora mediante la correlación con un factor de ponderación.

La aplicación automatizará la creación de los modelos matemáticos mediante comandos concretos que lo permitan. La forma de trabajar propuesta es la siguiente:

1. Se asignan los campos de EPANET con el campo correspondiente a una capa:
2. Se genera automáticamente el archivo INP que admite EPANET
3. Se realiza la simulación en EPANET
4. Se retornan al SIG los datos de la simulación para su explotación, accediendo al fichero .OUT de EPANET.
5. Guarda los datos resultantes de simulaciones calculadas en EPANET (retorno de datos) y que previamente fueron exportados a un archivo binario, en la BBDD enlazada del proveedor asociado a la exportación previa que originó dicho retorno.

Se facilitará a la propiedad un plan de formación a los funcionarios municipales encargados de usar dichos modelos. De igual manera se entregará la documentación relativa al método elegido para la asignación de cargas y rendimientos volumétricos de la red y criterios de obturación de tuberías y todas aquellas hipótesis utilizadas.

Adicionalmente, y como parte de la estrategia de que exista una única aplicación que permita realizar todas las tareas necesarias relacionadas con el tratamiento informático de la información, se incorporarán a la nueva versión las librerías de cálculo de EPANET más recientes posibles. Esto permitirá realizar la modelización matemática dentro de la propia aplicación, sin necesidad de realizar exportaciones

### 5.3.5. MÓDULO DE GESTIÓN COMERCIAL

La incorporación de un módulo orientado a la explotación de los datos relacionados y extraíbles de la base de datos comercial dará lugar a la configuración de la Gestión Comercial, por medio de compartir y establecer relaciones entre ambos sistemas.

El GIS deberá permitir vincular la base de datos de abonados con una entidad gráfica que los represente geográficamente: la dirección o parcela, por ejemplo. Así, la información comercial de cada cliente quedará georreferenciada y asociada a un determinado objeto geográfico del GIS, la vinculación con los datos e información de la base de datos comercial del cliente se consigue al conectar estos objetos geográficos o nudos con la información de los clientes que se tenga asociado a ese nudo, con lo que se crea un repositorio común de la información geográfica y comercial en el interior del GIS.

La transferencia de información y datos se obtendrá en “tiempo real” puesto que uno de los aspectos que mejoran la gestión de las redes es precisamente conocer en tiempo real los principales parámetros hidráulicos con la descarga permanente y continua de datos desde unidades operativas de control de estos parámetros que envían datos vía interfaz GSM a un centro desde donde se cargan al GIS. De esta manera disponemos de una poderosa herramienta de gestión de la información.

El módulo comercial deberá permitir:

1. Gráficamente, pinchando sobre una finca determinada, obtener los datos comerciales de los clientes asociados a dicha finca.
2. Efectuar búsquedas para la localización de clientes por nombre, contrato, código de identificación del predio u otros parámetros. El resultado de dichas búsquedas podrá ser tanto tabular como gráfico.
3. Generar listados de clientes que cumplan una determinada condición, por ejemplo, un consumo mayor de una determinada cantidad, y a su vez, ubicarlos geográficamente en la cartografía digital y generar los correspondientes temáticos, como se muestra en el siguiente ejemplo.

### 5.3.6. MÓDULO DE GESTIÓN DE RUTAS

Las herramientas que presente el GIS, tanto para la gestión de rutas como para la consulta de datos comerciales, deberán estar claramente diferenciadas y ambas apoyadas en la gestión comercial de las redes. El principal objetivo de este módulo es la creación de rutas que cubran el conjunto de clientes a gestionar. Para ello se han habilitado herramientas para la creación de

rutas, así como, la asignación automática de lotes (como entidad que representa la ubicación de los clientes) y para la agrupación de rutas en ciclos.

Por su parte, el módulo de consulta de datos comerciales permitirá realizar búsquedas entre el conjunto de clientes de la red, tanto alfanuméricas como gráficas, y conocer cuestiones como los consumos asignados, los clientes que existen en un lote, etc.

El módulo comprenderá herramientas de dibujo para la creación y edición de rutas y, de igual manera, se podrá consultar a través de un sencillo interfaz tipo SQL listados de clientes, contratos, etc. Una vez construida la consulta al usuario se le ofrece un formulario en el que se puede realizar consultas adicionales como pueden ser sus propios consumos.

### **5.3.7. MÓDULO DE PERFILES LONGITUDINALES DE LA RED**

Otra herramienta incorporada a la aplicación es la generación de perfiles longitudinales de la red de abastecimiento, a partir de los datos definidos.

## **5.4. GESTION DE INTERVENCIONES Y CALL-CENTER**

Dado que con la puesta en punto del GIS se debe crear un sistema de atención al cliente vía Internet, a continuación se exponer las características del siguiente módulo para atender las necesidades del servicio

El módulo de Call-Center y Gestión de Intervenciones permitirá gestionar de manera integral todas las actuaciones o trabajos físicos que se realicen sobre la red de abastecimiento, y que provendrán de una doble vía:

- En primer lugar, se realizará la gestión de las intervenciones planificadas por el futuro del servicio, es decir, todas aquellas actividades que han de realizarse sobre la red de abastecimiento y que se encuentran programadas para su ejecución en una fecha determinada.
- En segundo lugar, se realizará la gestión de las intervenciones que vengan dadas por incidencias producidas en el sistema de abastecimiento, y que provendrán de la recepción de avisos por parte de los clientes del servicio.

Las intervenciones programadas estarán planificadas por el concesionario y por el actual Servicio de Mantenimiento de la propiedad. Las intervenciones habrán de realizarse sobre la red de abastecimiento y para su ejecución en una fecha determinada o de forma periódica (a modo de ejemplo, la calibración periódica de un equipo de medición de los parámetros de la red, limpieza de filtros, etc). De igual modo las intervenciones provenientes de avisos estarán derivadas de

incidencias producidas en la red de abastecimiento y provienen de la recepción de avisos por parte de los clientes del servicio (por ejemplo, una fuga de agua por rotura de una tubería).

Las ordenes de trabajo deberán contener la información mínima para que la brigada de campo pueda ejecutar una intervención en la red (en caso de proceder de un aviso, la orden de trabajo debe contener toda la información relativa al aviso). Las órdenes de trabajo contendrán campos preparados para rellenar por la brigada de campo tras la ejecución de la intervención.

La implantación de este módulo permitirá a al concesionario y a la propiedad realizar una gestión de intervenciones sobre la red controlada de manera eficiente y segura. La organización y planificación del trabajo de las brigadas de campo se hará sobre la base de una herramienta dinámica y eficiente. Todas las intervenciones quedarán registradas y guardadas en su pertinente base de datos permitiendo un histórico de intervenciones. Con este tipo de gestión se mejorará el servicio de atención al cliente logrando ofrecer a los abonados una respuesta inmediata y precisa del estado de la zona sobre la que se produce el aviso (si se está realizando una intervención, tiempo estimado de corte, etc.). Con todo lo comentado se logrará reducir considerablemente el tiempo de respuesta ante una incidencia.

Para la recepción de avisos y comunicaciones de los clientes se implantará en las futuras oficinas del servicio de aguas un centro de atención al cliente o call center donde un operador registrará y procesará la información proveniente de los clientes vía Internet o telefónicamente mediante la introducción de los siguientes datos:

- Número de identificación del aviso
- Datos básicos del comunicante
- Localización de la incidencia

Al introducir los datos de localización, el operador visualizará en GIS la zona donde se ha generado el aviso. Esto le permitirá conocer en tiempo real la situación existente sobre la zona de aviso y dar una respuesta precisa y rápida al cliente sobre:

- Si existe alguna intervención programada en la zona se procederá a informar al cliente de la hora prevista de finalización de la intervención en la red.
- Si ya se ha producido un aviso anterior sobre la misma incidencia, de modo que ya está siendo gestionada.

Si no se ha dado ninguno de los dos casos anteriores, el operador pasará a registrar el aviso. En este momento, éste tendrá asociado un código unívoco y pasará al estado "En estudio". Aparecerá

entonces marcado sobre la zona afectada un símbolo representativo que variará conforme avance el estado del aviso.

Todos los avisos “en estudio”, quedarán registrados en el histórico de avisos e intervenciones.

El técnico responsable de la gestión de avisos filtrará los datos de los avisos en estudio recogidos por los operadores telefónicos de atención al cliente para, en primer lugar, clasificarlos en base a su naturaleza (fuga interior, fuga exterior, mala calidad del agua, etc.)

Posteriormente, visualizará la zona afectada en GIS analizará la existencia de intervenciones de la misma naturaleza en un entorno próximo al aviso. En función de esto, le asignará un estado, que puede ser:

- **Aviso “desestimado”**: Aviso incoherente que será rechazado.
- **Aviso “asociado a nueva intervención”**: Sobre la zona afectada no existe ningún tipo de actuación sobre la red, por lo que el aviso se asocia a una nueva intervención, que pasará a ser gestionada en un paso posterior.
- **Aviso “asociado a intervención en gestión”**: Sobre la zona afectada ya existe una intervención en gestión, derivada de un aviso previo.
- **Aviso “asociado a intervención programada”**: Sobre la zona afectada existe una intervención programada, es decir, una actuación planificada sobre la red que no deriva de ningún aviso.

Una vez asignado el estado al aviso, se visualizará en GIS sobre la zona afectada el símbolo representativo de cada estado.

Así mismo, y mediante la generación de un polígono de corte sobre la zona afectada, el técnico podrá identificar a los clientes de la zona afectada, para notificarles la existencia de una incidencia en la red de abastecimiento. En el caso de disponer de una dirección de correo electrónico y/o un número de teléfono móvil se habilitará la posibilidad de informar a dichos abonados de los cortes en el suministro que vayan a sufrir, así como la estimación de la duración del corte.

La propia gestión de la intervención consistirá en la emisión de una orden de trabajo por el técnico responsable de operaciones e intervenciones donde se filtrarán los avisos según su estado y trabajará sobre los que se encuentren asociados a una nueva intervención o a una intervención en gestión, así como las intervenciones programadas que tengan fijada su fecha de inicio en el momento inicial.

Para cada uno de estos avisos se emitirá una **orden de trabajo**, que contendrá toda la información necesaria para que se ejecuten en red los trabajos requeridos para subsanar dicha incidencia:

- Fecha prevista de comienzo
- Brigadas de campo implicadas
- Elementos afectados

La orden de trabajo, como se ha mencionado previamente, será una planilla tipo, que se imprimirá y entregará al técnico responsable de las brigadas de campo. Una vez que se haya generado la orden de trabajo, se visualizará en GIS sobre la zona afectada el símbolo representativo de "intervención", desde donde se podrá consultar la fecha prevista de comienzo, las afecciones sobre los usuarios (corte, menor presión, etc.) así como la duración estimada de reparación.

Por último, la brigada de campo a la que ha sido asignada la intervención ejecutará las actuaciones requeridas sobre la red de abastecimiento. Una vez finalizada la ejecución, el técnico responsable deberá rellenar en base a la información proporcionada por la brigada de campo, los campos correspondientes de la orden de trabajo, y la remitirá al técnico de gestión.

La orden de trabajo incluirá un croquis de la zona de ejecución, donde se marcarán de forma clara los cambios o modificaciones que se han realizado sobre la red de abastecimiento (sustitución de un tramo de tubería por otro material, instalación de una válvula, etc.).

El técnico de gestión remitirá al departamento de delineación la orden de trabajo para que todos los cambios producidos en la red de abastecimiento sean modificados sobre GIS. Se consigue, de este modo, tener la red digital permanentemente actualizada.

Una vez introducidos los cambios correspondientes en la cartografía, se puede considerar cerrada la intervención. En ese momento, se visualizará en GIS sobre la zona afectada el símbolo representativo de "intervención cerrada".

Durante todos los procesos anteriores, GIS deberá almacenar toda la información sobre los avisos e intervenciones que se han producido en el sistema de abastecimiento, creando así históricos.

Estos históricos constituirán una herramienta de decisión estratégica para analizar las causas de la aparición de averías con frecuencia superior a la normal, debido a envejecimiento de tuberías, o presiones elevadas; zonas con baja calidad de suministro debido a bajas presiones de servicio, etc.

En todo momento la información que el servicio y la empresa concesionaria pueda poseer relativa a los usuarios se considera confidencial cumpliendo lo dispuesto por Ley Orgánica 15/1999 de 13

de diciembre. A su vez, los usuarios tendrán acceso a toda la información que la el servicio de aguas tenga de ellos. Todos estos datos, así como los restantes que sean necesarios, serán utilizados para la elaboración del cuaderno de inventario que se lleve a cabo regularmente. Esta forma de trabajar hace posible que haya un único repositorio de información y que desde el momento en que la migración se haya finalizado, sea posible generar los cuadernos de inventario con la regularidad que se desee.

## **5.5. INTEGRACIÓN CON OTROS SISTEMAS**

### **5.5.1. INTEGRACIÓN CON INVENTARIO Y BASE DE DATOS DE ABONADOS**

asdasdasd

### **5.5.2. INTEGRACIÓN CON SISTEMAS DE TELEMANDO Y TELECONTROL**

La solución de GIS deberá tener vinculación y estar conectado con las estaciones remotas del sistema de telemando y telecontrol de las infraestructuras, disponiendo prácticamente en tiempo real de las variables hidráulicas de control, así como el estado de las instalaciones y de las consignas utilizadas para las mediciones. Estos valores serán almacenados en una base de datos.

Se generarán los pertinentes informes por requerimiento de la propiedad con la periodicidad y, en la forma en que se señale los valores de control del sistema hidráulico de abastecimiento y alcantarillado, incluyendo medidas de presión, niveles de cloro residual, caudales abastecidos y evacuados, maniobras realizadas, niveles de los depósitos, horas de funcionamiento de los equipos de bombeo y cualquier otra variable requerida.

Este módulo integrará en primer lugar las estaciones de control remoto de las variables hidráulicas ubicando en ellas la unidad de control correspondiente y de esta manera poder visualizar los parámetros de control hidráulico. De igual manera se ubicarán sobre la solución GIS las estaciones remotas de recloración. En aquellas estaciones remotas del sistema de telemando y telecontrol donde se ejecuten maniobras de elementos de regulación como el arranque o parada de bombas, modificación de la velocidad de giro de las bombas, las aperturas y cierres de válvulas y todas aquellas acciones, que modifiquen los valores de consigna de las variables hidráulicas de presión, caudal, concentración de cloro libre residual y los niveles en los depósitos serán igualmente ubicados en la solución GIS.

De igual manera se procesarán en el GIS todas aquellas señales recibidas desde estas estaciones de control remoto correspondiendo a señales de intrusismo para asegurar un

mecanismo de tratamiento de alarmas que faciliten la vigilancia y la seguridad en dichas estaciones.

La solución GIS gestionará todos los datos hidráulicos que han sido recogidos en las diferentes estaciones de control de las redes permitiendo de esta manera analizar el consumo de agua y las presiones existentes, y detectar de manera temprana posibles incidencias, averías y fugas en la red de abastecimiento en concreto.

En primer lugar, será necesario efectuar la configuración de cada una de las estaciones telecontroladas, mediante la definición de diferentes funciones como los parámetros a medir (caudal, presión, nivel), unidades, frecuencia de medición o valores máximos y mínimos.

Estos últimos permitirán generar alarmas cuando los valores medidos se encuentren fuera de los rangos aceptados. Así, por ejemplo, la aplicación permite definir caudales nocturnos de referencia para la detección temprana de fugas.

La aplicación permitirá gestionar toda la información registrada en cada una de las estaciones remotas, mediante:

- Visualización de parámetros hidráulicos en intervalos predefinidos, de forma tanto tabular como gráfica.
- Generación de alarmas
- Generación automática de informes periódicos
- Creación de históricos
- Exportación a Excel

De esta manera, tan solo con pinchar sobre la ubicación en el GIS de la estación de control remota se visualizarán los siguientes datos:

- Caudal instantáneo
- Caudal medio diario
- Caudal medio mensual

Los datos de cada estación remota de control deberán ser totalmente configurables, a partir de la información recopilada y vendrán dados por las necesidades de la explotación o los indicadores de gestión que se quieran calcular.

### 5.5.3. INTEGRACIÓN CON SUPERVISIÓN DE LA PROPIEDAD

Las pertinentes inspecciones y análisis que se consideren oportunos y necesarios independientemente de los controles que la sociedad concesionaria esté obligada a acometer proporcionarán una valiosa fuente de información sobre el estado sanitario del agua del municipio.

Estos resultados deberán ser integrados en el GIS a través de una carga de datos con carácter diario y en función del control que se haga. Las distintas inspecciones quedarán georreferenciadas en el GIS con sus resultados en unas fichas de control sanitario con campos a completar donde se registrarán la temperatura, la concentración de cloro, el grado de turbidez y el pH, así como, cualquier eventualidad que se produzca en el control y que, por su importancia deba ponerse en conocimiento de las autoridades competentes para la toma de decisiones urgentes.

Las lecturas y controles se harán en continuo y por lo tanto quedarán georreferenciadas con un histórico de registros que se vinculará con su respectiva base de datos. La distribución de estos puntos de lectura se hará según el criterio del prestador. Los registros que quedarán guardados y almacenados en su respectiva base de datos comprenderán aquellos que por normativa vigente se está obligado a registrar, es decir se incluirán campos en el GIS que incluyan todos los análisis microbiológicos, físico – químicos e incidencias de los controles sanitarios a realizar.

### 5.6. MODELACIÓN MATEMÁTICA DE LA RED

Una óptima gestión de los abastecimientos de agua urbanos, requiere cada vez más la utilización de modelos matemáticos de las redes de distribución y saneamiento, dada la complejidad del entramado de tuberías, depósitos, bombeos, colectores y elementos de regulación existentes.

El SIG implantado deberá permitir acceder a una gran cantidad de información digitalizada relativa a la configuración de la red de suministro y su comportamiento, facilitando notablemente la tarea de configuración del esquema de las redes.

En esta línea, el SIG ofrecerá funcionalidades para capturar la información de red procedente de un CAD, combinarla con la información procedente de otras fuentes, como bases de datos de abonados y fondos urbanos, y generar un modelo matemático para un período determinado, listo para su ejecución. La aplicación SIG contendrá herramientas de importación y captura de datos así como otras facilidades de cara al usuario, orientadas a completar toda la información requerida por el modelo y llevar una auditoria de los datos que entran a formar parte del sistema de información.

El SIG implantado ofrecerá la posibilidad de construcción de modelos de redes de agua a presión, con la particularidad de garantizar un seguimiento actualizado de los datos utilizados, y conferir

por otra, flexibilidad al usuario para obtener en cada momento un modelo de la zona deseada, con el detalle requerido, y para el periodo de simulación conveniente.

Esto será posible gracias a la conexión de las cuatro fuentes de información básicas del servicio de gestión de las redes:

- Por una parte el Sistema de Información Geográfica (SIG) propiamente, que recogerá la información cartográfica de todos los componentes de la red, su topología y sus propiedades físicas.
- El sistema básico de telecontrol y adquisición de datos en tiempo real, que registrará la evolución minuto a minuto de las principales variables hidráulicas de la red: presiones, caudales, niveles, etc.
- El sistema de gestión de abonados, que mantendrá actualizados los registros de todos los contadores de los abonados, permitiendo saber cómo se lleva a cabo realmente el reparto del consumo en la red.
- La base de datos de operación y mantenimiento (O&M), que almacenará tanto el estado actual de los elementos de la red, como cualquier incidencia ocurrida en la misma y su periodo de vigencia.

La conjunción de toda esta información facilitará la confección de los modelos de la red de abastecimiento. Las principales características que deberá satisfacer el módulo de confección de modelos de redes de abastecimiento se presentan a continuación.

#### **5.6.1. HERRAMIENTAS SIG DE MODELACIÓN**

Para la elaboración y confección del modelo matemático se emplearán herramientas y funcionalidades GIS conectadas al conocido programa de simulación hidráulica y de calidad del agua EPANET 2, desarrollado por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de EEUU (EPA). Las herramientas GIS que se utilizarán permitirán generar, importar, editar y trabajar con modelos hidráulicos desde el propio entorno GIS, incluyendo una serie de herramientas personalizadas para estos fines. Estas herramientas facilitarán la labor de importar y reunir en un mismo escenario de trabajo información dispersa en formatos diversos. También deberá disponer de capacidad de depuración, filtrado y almacenamiento en una base de datos propia, de toda esta información. Además, permitirá generar un modelo de la red objeto de estudio, simular su comportamiento utilizando el módulo de herramientas de EPANET 2 e interpretar los resultados en el mismo escenario.

## 5.6.2. INFORMACIÓN DE PARTIDA

Confeccionar el modelo detallado de una red de distribución de agua sólo es viable si se cuenta con las herramientas apropiadas para ello, debido fundamentalmente al volumen de información que se maneja. Es posible capturar la información en 'bruto', normalmente suministrada en formato CAD, para generar el modelo de la red. La información digital de partida incluye en la mayoría de casos la cartografía urbana distribuida en multitud de capas, a saber: manzanas, parcelas, curvas de nivel, conducciones de la red, válvulas, etc., y en ocasiones incluso las propiedades físicas de los elementos representados, como diámetros, cotas, materiales de tubería, etc. Toda esta información deberá ser analizada y filtrada inicialmente, para seguidamente proceder a generar los temas en formato shapefile, los cuales podrán ser utilizados, editados y manipulados desde el entorno SIG.

## 5.6.3. CAPTURA DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN Y DE FONDOS URBANOS

Tras identificar la capas del fichero CAD que contienen la información relativa a las tuberías de red, la primera etapa a llevar a cabo en la confección del modelo será caracterizar todos los elementos que configuran el sistema, en particular, tuberías, bombas, depósitos, etc., identificar el trazado de las tuberías y verificar su conectividad, para obtener un primer esqueleto de la red.

## 5.6.4. CAPTURA DEL TRAZADO DE LA RED EN FORMATO CAD

El primer paso en la confección del modelo consiste normalmente en capturar la información disponible, habitualmente muy dispersa en cuanto formatos (CAD, coberturas GIS, ficheros de texto, papel, etc.). Si partimos de la información digital en CAD (dgn, dxf, dwg, etc.) es posible utilizar las herramientas de importación para capturar la capa correspondiente a la red de abastecimiento y generar un primer escenario de trabajo con la red actual. La importación de la red es automática, con la ventaja añadida de poder capturar las etiquetas de texto adjuntas al dibujo CAD que suelen hacer referencia a los diámetros y/o materiales. La información de origen se interpreta, se depura inicialmente (conexiones entre tuberías, anclaje de finales de tubería próximos, adición automática de nudos extremos en las tuberías, etc.) y se incorpora a la base de datos propia del proyecto GIS. La aplicación generará automáticamente una topología coherente y la preservará en todo momento actualizada durante posteriores procesos de edición de la red.

En este punto resulta fundamental identificar la(s) capa(s) donde reside la información relativa a las conducciones de agua. Esta información será esencial para ensamblar el modelo de red, dándole una topología coherente como veremos en un apartado posterior.

### 5.6.5. CAPTURA DE ELEMENTOS AUXILIARES

Los temas auxiliares se podrán obtener asimismo a partir de otras capas del fichero de CAD que no hacen referencia a la red de distribución. Cada una de estas capas se convierte a formato shape, para servir de apoyo a la hora de trabajar con el modelo de red e interactuar con los temas de resultados de nudos y tuberías tras una simulación.

Se podrán diferenciar diversos temas auxiliares como válvulas manuales, puntos de cota y curvas de nivel, fondo de situación, manzanas, parcelas y subparcelas, edificios singulares, jardines, zonas verdes y otras Instalaciones.

### 5.6.6. CREACIÓN DE CALLEJEROS

Debido a la importancia del callejero a la hora de asignar consumos, resultará importante la creación de un viario del casco urbano de todos los núcleos poblacionales en formato shapefile para tareas de geocodificación.

Dado que en el formato gráfico del viario contiene la información de cada uno de los segmentos en que se divide una calle, es posible superponer los diferentes temas y relacionar espacialmente los distintos elementos constitutivos de la red de distribución, para determinar por ejemplo, qué tuberías discurren por cada una de las calles o localizar diversos elementos de red.

### 5.6.7. DEPURACIÓN DE LA RED

Al finalizar el proceso de importación, se mostrará una serie de temas auxiliares con información sobre 'posibles' errores detectados, que no se pudieran corregir durante el proceso de captura. Además se dispondrá de una serie de herramientas para la corrección de dichos errores; por ejemplo, que un navegador que salta de error en error destacando mediante un determinado símbolo la posible causa de error.

Adicionalmente, existirán una serie de herramientas enfocadas a la detección y reparación de errores e inconsistencias en el modelo de red. Por ejemplo, la detección de nudos extremos de tuberías que quedan muy cerca unos de otros dentro de una tolerancia definida; localización de elementos con parámetros de red no definidos o inexistentes (diámetros, rugosidades, cota, material, etc.). Tras este proceso de verificación, si se detecta alguna anomalía la aplicación genera un nuevo tema de errores en la tabla de contenidos del escenario, mostrando los elementos en los que se detectó dicha anomalía.

De todas las herramientas de depuración, la más destacable es la que comprueba la conectividad de la red haciendo uso de algoritmos propios basados en la teoría de grafos. Con este módulo resulta inmediato comprobar si la red se encuentra totalmente conexa o, por el contrario, presenta

partes inconexas que supondrían un problema a la hora de simular. Como se ha comentado, existen una serie de herramientas de edición que permiten ir corrigiendo dichos errores.

#### **5.6.8. EDICIÓN DE LAS PROPIEDADES HIDRÁULICAS**

Una vez importada y depurada la red, el siguiente paso consiste en incorporar otros elementos fundamentales tales como depósitos, bombas, pozos, válvulas, etc. A continuación hay que introducir las propiedades hidráulicas que faltan de las tuberías, así como las de los nuevos elementos, tales como capacidad de los depósitos, curvas características de bombas, consignas de válvulas, curvas de modulación, leyes de control, etc.

Para introducir todas estas propiedades existirán una serie de diálogos asociados a cada elemento (tuberías, nudos de consumo, válvulas, bombas, depósitos y embalses), y otros diálogos libres para editar las curvas de modulación y de comportamiento, las reglas de control simples y compuestas, las opciones de cálculo, valores por defecto, etc.

#### **5.6.9. INTERPOLACIÓN DE COTAS**

La cota de un nudo de consumo es siempre una propiedad requerida cuando se trabaja con un simulador hidráulico. Se trata de un dato esencial en el proceso de calibración, y también a la hora de determinar las presiones en los nudos de consumo, que constituyen uno de los parámetros más significativos en lo que concierne a la calidad del servicio. A partir de las curvas de nivel o una nube de puntos de cota disponibles en formato CAD, se puede extraer toda la información necesaria para realizar una interpolación y hallar el valor de la cota de cada uno de los nudos de la red.

Se dispondrá de herramientas propias para llevar a cabo la interpolación empleando el método de las distancias inversas ponderadas, o bien haciendo uso de funcionalidades propias del GIS para generar una superficie de interpolación en formato GRID, o crear un modelo digital del terreno en formato TIN (triangulated irregular network). En cualquiera de los casos, la asignación del valor de la cota a cada uno de los nudos del modelo de red es automática.

#### **5.6.10. CARA DEL MODELO Y ASIGNACIÓN DE CONSUMOS**

Esta es una de las etapas clave dentro del proceso de construcción del modelo matemático de una red de distribución de agua. La asignación de consumos a los nudos de la red resulta una labor difícil sin la ayuda de herramientas que faciliten la tarea de repartir el caudal consumido. Dada la componente espacial de esta tarea, los SIG proporcionan un gran número de herramientas encaminadas a manejar toda la información que interviene en el proceso. Entre ellas cabe la posibilidad de conectar con bases de datos o ficheros externos conteniendo información acerca de los consumos recopilados por calles, por acometidas, etc.

Resultará muy útil en estos casos disponer de un módulo capaz de realizar asignaciones automáticas a partir de estos ficheros o tablas externas, explotando la eficiencia de todas las herramientas disponibles en un SIG. Se empleará un gestor de hipótesis de carga y la opción de repartir los consumos a partir de temas de puntos (grandes consumidores localizados, acometidas, etc.), temas de líneas (agrupación de consumos por calles, consumos en ruta, etc.), o bien temas de polígonos (sectores de consumo, núcleos periféricos, etc.), sobre ciertos nudos elegidos en función del diámetro de las tuberías a que pertenecen u otros criterios.

El caso más habitual suele ser disponer de los datos del consumo medio anual agrupados por calles. En ese caso, se cargará el modelo automáticamente, aunque para ello resulta imprescindible la utilización del callejero de la zona en cuestión. A partir de éste y el tema de nodos de la red, se obtiene un tema que relaciona aquellos nodos pertenecientes a tuberías con diámetro menor o igual a uno especificado por el usuario, con el segmento de calle más próximo. Una vez identificados los nudos a cargar, se efectúa el reparto utilizando la herramienta de asignación de consumos.

A continuación, si los grandes consumidores, tales como industrias, hospitales, instalaciones deportivas, etc., se han identificado separadamente, se añadirá el consumo que corresponda como un consumo puntual en el nudo más próximo a dicha zona.

Además, se incluirán herramientas en forma de asistente que permitan tener en cuenta el reparto del consumo no registrado (ej. consumos incontrolados, fugas, subcontajes en contadores, tomas clandestinas, etc.). Esta opción se utilizará para ajustar el volumen inyectado a la red (dato normalmente disponible) con el volumen registrado; así, es posible introducir como parámetro de entrada el volumen total inyectado o bien utilizar un tema de polígonos en el que se define el rendimiento de la red por zonas, o bien el caudal total inyectado a las mismas. En cualquier caso, el volumen no registrado se reparte automáticamente de manera proporcional a la demanda existente en los nudos de cada zona.

En cuanto a la modulación de la demanda, es posible asociar una curva de modulación idéntica a todos los nudos de la red seleccionados en el momento de la carga, o bien asociar una curva diferente según el sector, calle o nudo concreto de la red. Todo ello utilizando el asistente que incorpora la aplicación.

Finalmente, es posible generar un informe con el balance hídrico del sistema en términos de demanda, debiendo cumplirse que el caudal total repartido sea igual a la suma de las demandas base de todos los nudos del modelo.

### 5.6.11. CALIBRACIÓN DEL MODELO

Para calibrar el modelo en base a una serie de medidas tomadas en diversos puntos de la red en determinados instantes de tiempo, se recomienda primeramente llevar a cabo una 'macro calibración' del modelo de forma manual, para mayor fiabilidad a la hora de interpretar y asumir resultados tras una simulación hidráulica. Los parámetros que se suelen ajustar son, fundamentalmente, rugosidades de tuberías y consignas de las válvulas de regulación existentes, siempre y cuando aceptemos como válidos los datos de las cotas interpoladas y el reparto espacial de consumos. Con todo, el resultado final, será un modelo que nos permitirá efectuar un primer diagnóstico del estado de la red, así como llevar a cabo estudios posteriores sobre situaciones de emergencia y ampliaciones necesarias a corto, medio y largo plazo con ciertas garantías.

### 5.6.12. SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LA RED

Una vez construido el modelo matemático y definidas todas las opciones de análisis, éste podrá exportarse a un formato interpretable por el simulador EPANET o bien lanzar una simulación desde el propio entorno SIG.

En el segundo caso es posible ejecutar cuantas simulaciones sean necesarias para cada uno de los escenarios adoptados. Para ello se genera un fichero con los datos de entrada requeridos por el simulador y se llama al módulo de simulación de EPANET. El simulador proporciona un conjunto de resultados, que la aplicación se encarga de almacenar en su propia base de datos, para consulta posterior.

Para visualizar los resultados de la simulación, se dispone de un navegador en el que se elige la variable a representar y el instante de tiempo. Automáticamente se genera un tema clasificado por colores, con los resultados obtenidos.

Por el contrario, si se opta por la exportación y simulación en EPANET, el procedimiento de análisis genera los resultados hidráulicos y de calidad desde la interfaz gráfica del simulador EPANET.

### 5.6.13. IMPLANTACIÓN DEL SIG

#### CONSULTORÍA INICIAL

La primera actividad que se debe realizar para la implantación de la solución GIS consiste en alcanzar con un nivel de detalle avanzado y un grado de exactitud elevado la información cartográfica disponible y los procedimientos técnicos que la propiedad utilice en su habitual gestión diaria.

El análisis y revisión pormenorizados de esta información permitirá abordar las siguientes fases con suficientes garantías de éxito. Algunos de los datos que se requerirán serán las cartografías de base, modelos de datos de las redes de abastecimiento y alcantarillado, la explotación actual de los mismos (listados y planos, por ejemplo), el sistema de mantenimiento y actualización, etc.

Los datos adicionales que se deberán recapitular en base a generar un GIS con toda la información que disponga el Ayuntamiento de Burriana se fundamentará en los siguientes puntos:

- Planos generales de la red de abastecimiento y alcantarillado en el formato en el que se encuentren.
- Planos de detalle de todos los elementos y accesorios de las redes que se dispongan en el momento del lanzamiento del Proyecto.
- Inventario de elementos georreferenciados a coordenadas UTM

### **INSTALACIÓN, CONFIGURACIÓN Y PARAMETRIZACIÓN DE LA SOLUCIÓN**

La distribución espacial y lógica que se pretende implantar permitirá el desarrollo de una propuesta de arquitectura, que en realidad se podría diferenciar en dos arquitecturas diferentes que permitirá una conectividad al sistema a través de puestos cliente intranet (edición/consulta) e Internet (consulta).

La configuración de la arquitectura será la siguiente:

- Servidor de datos espaciales (Sistema de Gestión de Base de Datos), en adelante SGBD
- Servidor de mapas.
- Servidor de Aplicaciones WEB.
- Serie de puestos GIS
- Puestos Consulta Internet

La primera propuesta del desarrollo de la primera fase de implantación del GIS está basada en las infraestructuras de comunicación en el interior de las futuras oficinas centrales del municipio con una calidad (ancho de banda y privacidad) lo suficientemente adecuada para que en los puestos cliente de GIS tengan una fluidez suficiente en las operaciones. Cada puesto cliente conectaría con el servidor de mapas. Con este esquema se asegurará la información en tiempo real para que toda la empresa pueda acceder y operar al mismo tiempo (y no solo de redes, polígonos de corte, polígonos de seguimiento, perfiles longitudinales para alcantarillado, herramientas de búsqueda sobre el callejero y las redes, posibilidades de impresión predefinidas, etc.). De cara al técnico – usuario o funcionario municipal – la información se mostrará de manera simultánea.

Se procederá a la instalación de las licencias para configurar los pertinentes Servidores de datos (en caso de que sea necesario) mapas, servidor WEB y las licencias en cada puesto cliente dentro de la Red de Área Local (LAN) del Servicio de Aguas del Ayuntamiento de Burriana, desde donde se podrán realizar todas las actividades de mantenimiento y explotación de las redes (puestos completos de consulta, edición y modificación).

La segunda propuesta del desarrollo de la primera fase de implantación del GIS estará definida en función del ancho de banda y la velocidad de acceso a Internet que se tenga desde cada puesto que intente acceder mediante Solución Remota al sistema desde los puestos del Ayuntamiento de Burriana.

La aplicación aquí ofertada estará correctamente integrada y relacionada con el resto de aplicaciones del sistema, de manera que, el usuario final en Internet tenga un acceso sencillo a toda la información que necesite debiendo proporcionar al mismo tiempo, un control del acceso a los datos, según el tipo usuario, para garantizar en todo momento la seguridad y confidencialidad de los datos.

El sistema permitirá que varios usuarios de Solución Remota hagan consultas concurrentemente.

Utilizando esta arquitectura se elimina la necesidad de realizar un volcado diario en los servidores del Ayuntamiento, con lo que se obtiene un único repositorio de datos, accesible on-line por todos los usuarios autorizados

## **PLAN DE FORMACIÓN**

Un aspecto fundamental de toda implantación de un GIS es la formación y motivación de los usuarios, tanto los técnicos de la UTE como los funcionarios municipales del Ayuntamiento de Burriana, clave de la utilización y mejora (por lo tanto del éxito) de todo esfuerzo que se realiza en los análisis y desarrollos con la solución GIS.

La formación inicial de los procesos a implantar se realizará adaptándonos a las ocupaciones de los usuarios, técnicos y funcionarios municipales, para interrumpir lo menos posible las labores de los mismos. Esta formación se realizará siempre personalizando por grupos los diferentes perfiles de los usuarios, desde el personal técnico hasta el personal directivo.

La formación necesaria para el correcto funcionamiento se estima que se desarrolle en función de los módulos funcionales de GIS y de los perfiles de los usuarios. De esta forma se definen varios grupos de formación:

- Grupo Administradores
- Grupo Mantenimiento de Inventario

- Grupo Explotación y Desarrollo.

## 6. SISTEMA DE TELECONTROL DE LAS INFRAESTRUCTURAS

### 6.1. GENERALIDADES

El presente apartado tiene por objeto definir y valorar un sistema de telecontrol y telemando para la propiedad y para su aplicación en las infraestructuras de un servicio de abastecimiento de agua y con suficiente visión a futuro para que pueda integrar las sucesivas ampliaciones o modificaciones de las redes y sistemas actuales. La cobertura del sistema abarcará las fuentes de suministro y puntos de captación de agua potable, depósitos y red de transporte y distribución.

Un sistema de telecontrol, permite efectuar un control exhaustivo de los parámetros más característicos como son, los niveles en las captaciones y en los depósitos, los caudales en las conducciones generales, los niveles de cloro libre o los parámetros eléctricos de los principales equipos electromecánicos, así como, el conocimiento de ciertos parámetros como presiones y nivel de cloro en ciertos puntos de la red de distribución o caudales suministrados a un determinado sector en caso de sectorización de la red, avisos de desbordamiento en la red de pluviales, etc.

Asimismo el sistema podrá permitir la maniobra remota de bombas y válvulas de regulación, bien de forma manual desde un centro de control, bien de forma automática atendiendo a consignas (presión, caudal, nivel, horarias) mediante la lógica local que debe implantar el autómata que controla el proceso de cada estación.

Por tanto, permitirá subsanar gran parte de los problemas que presentan actualmente la mayoría de las instalaciones entre los que se destacan:

- Consumos y costes energéticos elevados debidos al bajo rendimiento de las bombas de impulsión, al consumo excesivo de energía reactiva y a la no utilización de la discriminación horaria que permitirían reducir el precio de la energía consumida.
- Pérdidas y consumos de agua no controlados, sobre todo en conducciones generales por falta de una supervisión continua, tanto del caudal suministrado, como de los principales parámetros de los depósitos de almacenamiento.
- Escasez de datos históricos relativos a los principales parámetros de control de las distintas instalaciones que permitan definir y caracterizar tanto la situación actual del abastecimiento como su evolución temporal.

El Sistema de telecontrol deberá convertirse en una herramienta que permita conocer la situación de las redes, facilitando posteriormente las decisiones sobre medidas a tomar para su optimización, permitiendo asesoramiento al personal técnico sobre el funcionamiento de su servicio de forma que éstos puedan adoptar las oportunas medidas correctoras, elaborando de manera objetiva sus planes de mejora y desarrollo infraestructural.

En definitiva, toda instalación, debido a su importancia para el correcto funcionamiento del abastecimiento y saneamiento, debe ser controlada de forma exhaustiva y continua, con el fin de poder detectar cualquier anomalía en la misma de una forma rápida y eficiente, de manera que su repercusión en las demás instalaciones sea lo más escasa posible, permitiendo un sistema de supervisión, control y telemando, a grandes rasgos, la funcionalidad siguiente:

- Obtener información de forma remota de cada una de las estaciones instaladas y gestionadas a través de un sistema informático.
- Maniobrar entidades tales como bombas de impulsión o dosificadoras de cloro y válvulas tanto de forma manual como automática.
- Realizar un registro cronológico e histórico de toda la información recogida en el centro de control.
- Elaborar informes con los datos de dicho registro histórico.

En definitiva, el objeto del proyecto de telecontrol consiste en definir todos los elementos que van a permitir:

- Conocer el estado de cada uno de los elementos necesarios y suficientes para la toma de decisiones.
- Actuar sobre aquéllos que van a permitir una evaluación del sistema adecuada, de acuerdo con la situación del mismo.
- Construir aquellos elementos que sean necesarios, o adaptar los existentes, para poder efectuar las actuaciones requeridas.

## **6.2. ASPECTOS GENERALES**

En el tipo de explotación que normalmente ocupa en el caso de redes de abastecimiento urbano de agua, se requiere una operación continua y un mantenimiento que aseguren al máximo la continuidad en el servicio; ello exige la detección inmediata de las anomalías y alarmas producidas en la red y el tratamiento rápido y adecuado de las mismas, para conseguir la restauración de las condiciones normales de trabajo lo antes posible. A tal efecto, se precisa la

adquisición de los datos del proceso que permitan elaborar informaciones sobre el estado de la red. La solución a estos problemas puede alcanzarse con una adecuada dotación de medios en tres campos, a saber:

- Equipamiento de las estaciones remotas (puntos neurálgicos de la explotación de la red) con los elementos necesarios para la medición, detección y control de la red.
- Envío de la información recogida en las estaciones remotas a un centro de control por la vía más rápida posible para su adecuado tratamiento.
- Equipamiento del centro de control con los medios precisos para el análisis de la información recibida, toma de decisiones y envío de órdenes o acciones a ejecutar a las estaciones remotas.
- Dotación de subcentro(s) de control que permiten la monitorización y, opcionalmente, el control del sistema, a fin de permitir la existencia de una verdadera inteligencia distribuida.

Además de las consideraciones técnico-económicas, dos son los factores que determinan normalmente el criterio seguido para el diseño del sistema de telecontrol y telemando y para la selección de los restantes elementos que conforman el proyecto: las futuras ampliaciones y la necesidad de conseguir una óptima explotación de los elementos disponibles, atendiendo especialmente a los costes de mantenimiento que éstos plantean y a su minimización.

La importancia de prever futuras ampliaciones es tal, que el hecho de no preverlas puede dar lugar a la inutilización de un sistema en un corto plazo de tiempo. En efecto, un sistema pensado exclusivamente para el tratamiento de las informaciones existentes en el momento de su realización, e incluso previendo un porcentaje limitado de ampliaciones, puede dar lugar a que, superando el número de informaciones previstas por necesidades de ampliación, se haga ineludible su sustitución por otro sistema de mayor capacidad, con la consiguiente duplicidad de gastos. Consecuentemente, el sistema ha sido diseñado, tanto en las estaciones remotas como en el centro de control, con capacidad de admitir, con la sola adición de los módulos necesarios, cualquier ampliación del número de señales, esto es un Sistema con verdadero diseño modular.

La explotación óptima de la red deberá estar basada tanto en un correcto funcionamiento de los diferentes equipos como en un adecuado intercambio de información entre el operador y el sistema, y en la capacidad de este último de admitir cualquier modificación de los datos y los programas de aplicación. Estas dos cualidades, intercambio de información y capacidad de modificación, son las que permitirán al operador la introducción periódica de aquellas correcciones que se revelen como necesarias a lo largo del tiempo de utilización, para llegar a una progresiva optimización en la explotación de las instalaciones.

Esta optimización del conocimiento y control del abastecimiento aportará ventajas tangibles, entre las que cabe esperar:

- Una mayor seguridad y garantía de la continuidad y flexibilidad del servicio, y la posibilidad de mejorar el funcionamiento de las instalaciones. Al tiempo, el conocimiento inmediato de las anomalías en la red permitirá tanto una rápida intervención como la prevención de averías.
- Disponer a intervalos cortos de una "fotografía" del sistema permite estar suficientemente informados y, además, al poder actuar, directa o indirectamente, sobre él se incrementan las prestaciones y la eficacia del servicio.
- Reducción en desplazamientos habida cuenta de la dispersión geográfica de las instalaciones, reducción de turnos de guardia y la posibilidad de reducción y simplificación de sus actividades e incrementos de la productividad, o su no ampliación con el crecimiento de la empresa, aunque ellos puedan requerir la especialización de algunos operarios.
- Mayor garantía de calidad puesto que algunos de los parámetros que la definen podrán estar controlados de una forma continua.
- Conocimiento de datos reales del estado de las instalaciones y de los parámetros en las distintas zonas a lo largo del tiempo, lo que repercutirá en una mejor programación y asignación de recursos a la red.

A la par, la permanente y continua actualización de la información, supone tanto una reducción de esfuerzos administrativos, y de errores asociados al proceso manual de información como un económico y fiable elemento de trabajo para la dirección.

Por su envergadura, la automatización de una red es una tarea que se va completando con el tiempo, incorporando nuevas estaciones a la misma, o nuevos instrumentos de medida y mecanismos objeto de control a las estaciones ya existentes. El sistema debe pensarse para que pueda ser implantado progresivamente; por fracciones homogéneas del mismo, pero conservando una unidad de concepción, desarrollo y gestión. A tal fin, las estaciones remotas son capaces de asegurar por sí solas el encadenamiento automático y continuo de operaciones para optimizar el funcionamiento de los elementos y equipos que controlan, sin dependencia del centro de control.

En estas circunstancias, el funcionamiento en modo descentralizado sólo habrá de afectar a la pérdida temporal de la optimización de la explotación soportada por el centro de control, en los casos en que el funcionamiento de los equipos únicamente dependa de condiciones locales.

## **6.3. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA**

Se deben evaluar los distintos aspectos y condiciones que inciden en los elementos e instalaciones objeto del mismo, no sólo desde el punto de vista económico sino también de facilidad y prestaciones para la explotación, así como de sencillez de mantenimiento.

Se deberá tener en cuenta que, una vez puesto en marcha, el sistema deberá ser capaz de responder a las tareas para las que ha sido diseñado, adaptándose a los requerimientos de la red y a las exigencias de la explotación. La disposición a esta respuesta ha sido evaluada en base a la serie de características que se detalla a continuación.

### **6.3.1. CARACTERÍSTICAS SISTEMÁTICAS**

#### **MODULARIDAD**

El sistema es definible como de control distribuido, y posee un carácter modular, tanto en los elementos físicos como en los programas y estructuras de comunicación con diferentes componentes del mismo. Esta modularidad se observa especialmente en lo relativo a hardware, con vistas al mantenimiento.

#### **EXTENSIBILIDAD**

El Sistema posee la capacidad de ser ampliado, en función de las aplicaciones que se vayan demandando al mismo, mediante la incorporación de nuevas estaciones y/o de los elementos enchufables necesarios a las ya existentes, sin que ello suponga tener que recurrir a otro concepto de Sistema diferente al implementado; el sistema de comunicaciones también permite esta extensión, por simple acoplamiento, ya sea para estaciones, ordenadores de gestión, etc.

#### **COMPATIBILIDAD**

Puesto que la automatización integral de una red es una tarea que se va completando con el tiempo, de forma que a lo largo del tiempo podrá haber una evolución de las estaciones. Nuevos equipos podrán ser incorporados al sistema directamente, sin que difieran sustancialmente los programas, la filosofía de operación, los módulos E/S, etc.

#### **MANTENIBILIDAD**

Se prestará especial atención a este concepto, toda vez que es uno de los más importantes a la hora de seleccionar un equipo de control, exigiendo al sistema una alta disponibilidad, diagnosis periférica de entradas/salidas, generación y supervisión de tensiones de alimentación de E/S, protección y supervisión de E/S, etc.; se ha exigido además que disponga de funciones de supervisión dirigidas en parte al mantenimiento del sistema.

Se hará especial hincapié en la modularidad, ya que permite a nivel de tarjetas que la reparación se realice por simple sustitución sin modificación del cableado, y en que se pueda contar con un servicio técnico por parte del suministrador de respuesta rápida y con los medios necesarios para solucionar los posibles eventos que se produzcan.

### 6.3.2. CARACTERÍSTICAS OPERATIVAS:

#### CONTROL INDIVIDUAL DE CADA ESTACIÓN REMOTA

La adquisición de datos efectuada será completa sin que se observen fallos en la misma ya que el procesamiento de señales se basará en esta adquisición. Se observará la correcta transformación en valores digitales si se trata de señales analógicas, el filtrado, linealización, adecuación de unidades, captación de órdenes o valores procedentes de niveles superiores de control, etc.

El sistema contemplará las evoluciones anómalas de las variables controladas así como el sobrepasamiento de valores preestablecidos. En caso de producirse alguna anomalía el sistema procederá de forma que quede garantizada la seguridad en todas las instalaciones controladas.

#### CONTROL Y SUPERVISIÓN

El operador poseerá la información necesaria para evaluar el estado de las instalaciones y el comportamiento del sistema. Para ello, el sistema reconocerá y diferenciará los informes que serán de utilidad al operador tales como alarmas o avisos del sistema, operaciones o cambios introducidos por el operador, informes y partes de períodos determinados, etc.

#### PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA

Se contempla la programación de algoritmos de control que posibiliten el funcionamiento de todas las instalaciones en condiciones normales tanto bajo actuación de telemando como de mando local, incluyéndose en la elaboración de dichos algoritmos la consideración de que en situaciones anormales se cumplan los criterios de seguridad, así como la coordinación entre las partes de la instalación involucradas en un mismo proceso.

No se anulará la posibilidad de simular partes de la estrategia de control con los mismos elementos del sistema, ya que ello permitirá probar el que una determinada acción, antes de ser incorporada, dará los resultados deseados.

### 6.4. ARQUITECTURA GENERAL DEL SISTEMA

El sistema general que se propone es un sistema con un **centro de control general** cuya misión es la gestión y supervisión de los centros de control secundarios y estaciones remotas. La misión de los **centros de control secundarios** es la gestión y supervisión de un área de influencia a través de una conexión directa al centro de control principal.

Esta filosofía permite la evolución integrada del sistema en base a desarrollos parciales del mismo ya sea en sucesivos subcentros o en estaciones remotas de los mismos, permitiendo una gestión distribuida de las redes conjuntamente con una información extraída de las mismas de forma centralizada y con distintos niveles de información.

El sistema propuesto permitirá mediante la inclusión de un controlador de comunicaciones la conexión con autómatas o estaciones de marcas diferentes con lo que se resolverían los posibles problemas de compatibilidad entre equipos diferentes, que se pudieran dar.

El sistema teleinformático controlará las redes existentes y futuras y utilizará un conjunto de algoritmos lógicos, desarrollados en el centro de control y en las estaciones periféricas, para conseguir la optimización de las redes y el funcionamiento de las mismas bajo criterios tendentes a la filosofía de los sistemas expertos integrando a los sistemas SIG y de gestión de abonados. El sistema estará diseñado como un sistema centralizado con lógica distribuida.

Las estaciones remotas están basadas en arquitecturas con microprocesadores, con un conjunto de módulos de adquisición de señales analógicas y digitales de campo, y módulos de salidas digitales. El dimensionamiento de las estaciones es variable según el número de señales que se necesitan en cada estación y existen algoritmos de lógica local que pueden ser programados y modificados en las propias estaciones.

El enlace entre el centro y las estaciones se realiza normalmente vía radio en las bandas de UHF. Las comunicaciones entre el centro y las estaciones son continuas mediante exploraciones cíclicas y están protegidas mediante protocolos de detección de errores, que impiden la recepción de falsos mensajes.

El sistema permitirá utilizar varias teletransmisiones de forma que cada una de ellas pueda agrupar a un conjunto de estaciones para agilizar la comunicación con el centro o bien por tener unas características determinadas como sería el caso de un grupo de estaciones de información y con un número muy reducido de señales, que permite la comunicación espaciada con estas estaciones, a través de la red telefónica conmutada y cuyo objetivo fundamental es la detección de señales tales como presiones, fuera de rangos adecuados, en distintos puntos de la red.

El sistema funcionará de forma que en el modo automático el ordenador central se ocupa de coordinar las distintas lógicas implementadas, relacionando estaciones diferentes y actuando sobre elementos de una estación en función de datos de otra, como por ejemplo arrancar o parar bombas, teniendo en cuenta criterios de optimización energética y de reservas de depósitos. En funcionamiento en modo manual el operador puede actuar directamente sobre elementos de cualquier estación; el operador podrá enviar consignas a estaciones de forma que se active o desactive la lógica de estaciones, lo que permitirá un funcionamiento autónomo de las mismas en

caso de fallo de enlaces en averías y una disminución de la carga de trabajo del centro, aunque siga supervisando el comportamiento de estaciones.

En caso de que alguna magnitud física tenga un valor anormal o se produzcan situaciones anormales en las estaciones, se activarán unas alarmas en centro con indicación acústica y visual, de forma que se tomen las medidas oportunas y se produce una página de alarmas para posible archivo.

En la impresora de incidencias aparecerán registradas las posibles incidencias con la identificación de la misma, estación y hora en que se ha producido.

Se establecerán unos archivos históricos en almacenamiento masivo de forma que se guardan los valores de los parámetros más importantes del sistema con valores estadísticos de los mismos y pudiendo representar mediante la pantalla gráfica, las curvas de evolución de diferentes magnitudes.

En la pantalla gráfica aparecerán las gráficas correspondientes a las diversas estaciones, con representación de los elementos más característicos de las mismas en tiempo real y otros gráficos de gestión del sistema, tales como curvas de consumos, de energía, etc.

El desarrollo del sistema se hará de forma modular para ir incorporando estaciones a medida que avanza la automatización de las redes.

#### **6.4.1. ASPECTO GENERALES DE LA ARQUITECTURA**

El sistema de telecontrol que debe ser diseñado primando los aspectos de fiabilidad, flexibilidad, autonomía y operatividad, por encima de otras características que se han considerado secundarias, a pesar de que el sistema ofrezca buenas prestaciones en tales áreas.

Las características propias de las instalaciones a automatizar imponen como requisito primordial del sistema de telecontrol y telemando el que éste sea del tipo de inteligencia distribuida, esto es, que los elementos encargados de la gestión local de las instalaciones (estaciones remotas) sean capaces de efectuar las tareas de adquisición y tratamiento de señales y lógica y regulación de forma local.

Esta característica principal debe ser cubierta plenamente, ya que las estaciones remotas están basadas en microprocesadores, que proporcionan una potencia de proceso local superior incluso a la de muchos ordenadores del tipo AT o PC.

Otro aspecto fundamental es el de flexibilidad del sistema, que se consigue mediante la utilización de elementos hardware y software estándar comunes a todas las estaciones remotas, que son programadas específicamente para la realización de tareas concretas. Por otra parte, la utilización

en el centro de control de equipos modulares incrementa asimismo la flexibilidad ofrecida por el sistema al permitir adoptar múltiples estrategias de ampliación (tanto hardware como software), de comunicaciones (con estaciones remotas y con otros equipos informáticos, locales y remotos), de mantenimiento, y de reconfiguración definiendo el sistema actual como un subsistema de otro global.

La fiabilidad del sistema propuesto vendrá determinada por la propia robustez de los equipos y del software ofertado y por las facilidades de mantenimiento y diagnóstico que ofrecen de forma estándar dichos equipos.

Por último, reseñar que el sistema deberá proporcionar una interface hombre-máquina de fácil operación y que no requiere conocimientos especiales de electrónica o informática, a pesar de contar con elementos de tecnologías avanzadas.

No obstante, la flexibilidad del sistema deberá ser tal que el usuario pueda profundizar en el mismo según sus necesidades, llegando incluso al extremo de poder implementar nuevos paquetes de software de control, basándose en librerías de rutinas y en bases de datos proporcionadas por el núcleo del sistema.

#### 6.4.2. DESCRIPCIÓN DE LA ARQUITECTURA

El sistema de telecontrol y telemando debe ser de inteligencia distribuida, ya que cada punto de control (estación remota) incorporará los elementos inteligentes necesarios para disponer de adquisición, tratamiento y lógica local, permitiendo el funcionamiento del sistema en modo desatendido o en caso de fallo de comunicaciones.

El sistema de telecontrol y telemando se estructurará siguiendo la arquitectura jerárquica de los sistemas de automatización de inteligencia distribuida, considerando cinco niveles:

- Nivel 0: Instrumentación.
- Nivel 1: Estaciones Remotas.
- Nivel 2: Subsistema de Comunicaciones.
- Nivel 3: Centros de Control Secundarios.
- Nivel 4: Centro de Control.

Esta arquitectura presenta la ventaja de ser ampliable tanto horizontalmente (aumentando el número de éstos) como verticalmente (añadiendo nuevos niveles). Básicamente los cinco niveles de la arquitectura propuesta para el sistema se basan en:

## **NIVEL 0: INSTRUMENTACIÓN**

La instrumentación entrega señales normalizadas (contactos digitales, señales 4-20 mA, etc.) al siguiente nivel del sistema, donde son procesados, proporcionando información sobre el estado del sistema físico (instalaciones y procesos a controlar).

## **NIVEL 1: ESTACIONES REMOTAS**

El Nivel 1 o Nivel de Control Local está constituido por las estaciones remotas, equipos autónomos encargados de las funciones descritas a continuación.

- Adquisición de señales
- Tratamiento de señales (conversión a valores de ingeniería, filtrado mediante alisado e histéresis, inversión, anulación, simulación, linealización, etc.)
- Lógica local (maniobras de elementos y secuencias complejas).
- Capacidad de regulación (algoritmos no lineales, regulación todo-nada sencilla o modifica, etc.).
- Cálculos primarios (horas de funcionamiento, número de maniobras, máximo, mínimo y medias, etc.).
- Comunicaciones con el Centro de Control (transmisión de estados y valores actuales e históricos y recepción de consignas y telemandos).

Las estaciones remotas serán modulares, aunque han sido dimensionadas para adaptarse al número de señales concreto de cada instalación a controlar. Además estarán plenamente capacitadas para efectuar la lógica y la regulación local, disponiendo para ello de software y base de datos específico.

## **NIVEL 2: SUBSISTEMA DE COMUNICACIONES**

El Nivel 2 de la estructura jerárquica del sistema corresponde al subsistema de comunicaciones. El planteamiento global del subsistema de comunicaciones se hace en base a comunicar las estaciones remotas de cada subcentro de control con éste, mediante enlaces vía radio preferentemente, dada la dispersión generalizada de los mismos en medio no urbano con la consiguiente dificultad y coste de enlace vía telefonía; las estaciones que por su proceso en tiempo real sea factible unirlos por vía telefónica, se utilizaría RTC o canales de baja velocidad.

Las estaciones con información no necesariamente en tiempo real pueden unirse vía RTC de forma que el centro las interroga de forma no continuada y en caso de alarma en el proceso, la estación realiza llamada de forma autónoma al centro para la gestión de la misma.

Los subcentros se unirán al centro general por telefonía dedicada ya sea líneas punto a punto de la red convencional, mediante la red de transmisión de datos en x.25. o por otro tipo de enlace fijo.

La unión del centro general con los subcentros debe estar duplicada por razones de seguridad y fiabilidad.

### **NIVEL 3: CENTROS DE CONTROL SECUNDARIOS**

El Nivel 3 comprende todos los centros de control secundarios del sistema de telecontrol y telemando. El sistema admitirá un número cualquiera de estos centros, siendo necesario únicamente el dotar al sistema de las líneas de comunicaciones necesarias para establecer el enlace con el centro de control principal.

### **NIVEL 4: CENTRO DE CONTROL**

El Nivel 4 corresponde al centro de control general que comprende todos los elementos hardware y software necesarios para efectuar las tareas de comunicación con estaciones remotas y subcentros de control, centralización y tratamiento de información, cálculo intensivo, archivo histórico y diálogo sistema-operador y sistema de telecontrol y telemando-sistemas externos.

La función es la gestión y supervisión de centros secundarios de control y estaciones con incidencia en las funciones estadísticas, de archivo histórico, modelados y cálculos previsionales.

## **6.5. FUNCIONES DEL SISTEMA**

Entre otros, las funciones que deberá proporcionar el sistema son:

- Actuación remota de bombas, válvulas, compuertas, desde el Puesto de Control, Ordenadores con acceso a internet, Tablets y teléfonos Smart.
- Telemandos entre estaciones
- Supervisión del proceso mediante sinópticos, datos numéricos, curvas e informes en el accesibles vía web desde el puesto de control o/y directamente a las remotas desde dispositivo móvil.
- Envío y registro de datos de las variables a puesto de control y de forma automatizada: generación y envío de ficheros Excel vía email a cualquier ordenador o dispositivo móvil.
- Generación, tratamiento, almacenaje y traslado de alarmas vía SMS, / email a operarios y puesto de control.
- Acceso directo desde ordenadores con conexión a internet, tanto a las estaciones remotas como al puesto de control.

- Comunicación a través de GPRS, GSM, 3G, SMS y WIFI

Para garantizar la integridad de los datos, al puesto de control se añadirán al menos dos discos duros de alta capacidad montados en sistema RAID 1 copia exacta “Espejo” y un Sistema Externo de Almacenamiento Masivo de Datos NAS de alta capacidad en sistema RAID 5.

## 6.6. SISTEMA DE SUPERVISIÓN, CONTROL Y ADQUISICIÓN DE DATOS (SCADA)

Un SCADA, acrónimo de Supervisory Control And Data Acquisition (supervisión, control y adquisición de datos) es un software para ordenadores que permite controlar y supervisar procesos industriales a distancia. Facilita retroalimentación en tiempo real con los dispositivos instalados en campo (sensores y actuadores), y controla su funcionamiento de forma automática. Provee de toda la información que se genera en el proceso productivo (supervisión, control calidad, control de producción, almacenamiento de datos, etc.) y permite su gestión e intervención.

La **retroalimentación** o feedback es, en sistemas de este tipo, el proceso de compartir observaciones, preocupaciones y sugerencias, con la intención de recabar información, a nivel individual o colectivo, para mejorar o modificar diversos aspectos del funcionamiento de una organización. La realimentación tiene que ser bidireccional de modo que la mejora continua sea posible, en el escalafón jerárquico, de arriba para abajo y de abajo para arriba.

El **flujo de la información** en los sistemas SCADA es, a grandes rasgos, un proceso similar al que se describe a continuación: el fenómeno físico lo constituye la variable que deseamos medir. Dependiendo del proceso, la naturaleza del fenómeno es muy diversa: presión, temperatura, flujo de potencia, intensidad de corriente, voltaje, etc. Este fenómeno debe traducirse a una variable que sea inteligible para el sistema SCADA, es decir, en una variable eléctrica. Para ello, se utilizan los sensores o transductores. Los sensores o transductores convierten las variaciones del fenómeno físico en variaciones proporcionales de una variable eléctrica. Las variables eléctricas más utilizadas son: voltaje, corriente, carga, resistencia o capacitancia. Sin embargo, esta variedad de tipos de señales eléctricas debe ser procesada para ser entendida por el computador digital. Para ello se utilizan acondicionadores de señal, cuya función es la de referenciar estos cambios eléctricos a una misma escala de corriente o voltaje. Además, provee aislamiento eléctrico y filtraje de la señal con el objeto de proteger el sistema de transientes y ruidos originados en el campo. Una vez acondicionada la señal, la misma se convierte en un valor digital equivalente en el bloque de conversión de datos. Generalmente, esta función es llevada a cabo por un circuito de conversión analógico/digital. La computadora (PC) almacena esta información, la cual es utilizada para su análisis y para la toma de decisiones. Simultáneamente, se muestra la información al usuario del sistema, en tiempo real. Basado en la información, el operador puede

tomar la decisión de realizar una acción de control sobre el proceso. El operador comanda al computador a realizarla, y de nuevo debe convertirse la información digital a una señal eléctrica. Esta señal eléctrica es procesada por una salida de control, el cual funciona como un acondicionador de señal, la cual la transforma de escala para manejar un dispositivo dado: bobina de un relé, setpoint de un controlador, etc.

En la actualidad los sistemas de distribución de agua potable implementados son monitoreados, controlados y supervisados desde un **centro de control**, para lo cual se emplean los sistemas SCADA. Los SCADA aseguran una optimización de los recursos y el aumento de la calidad y eficiencia de los servicios de operadores de agua.

La información recogida por el SCADA debe ser almacenada digitalmente para su consulta por otros programas del servicio. En aras de desacoplar todos los programas que componen el sistema distribuido de información de un abastecimiento, el SCADA debe venir necesariamente acompañado por un API (Application Program Interface) o sistema de consulta vía SQL para consultar toda la información almacenada.

## 6.7. GESTIÓN DE DATOS Y ALARMAS

La gestión de los datos adquiridos se realiza por medio de una Base de Datos Única y Abierta tipo MySQL. MySQL es un completo paquete de base de datos y de análisis que permite una fácil integración y/o exportación desde otras aplicaciones así como, consultas y solicitudes ágiles a sus librerías.

Además de almacenar un histórico de alarmas procedentes de las diferentes estaciones remotas, es posible encaminar dichas alarmas a múltiples destinatarios y por diferentes medios, SMS, fax, e-mail, siguiendo unas pautas marcadas por calendarios.

Será posible catalogar las alarmas por diferentes criterios que permiten su tratamiento y encaminamiento en el procedimiento de gestión de la alerta.

# CAPÍTULO V. CONCLUSIONES

## 1. SÍNTESIS DEL PLANTEAMIENTO

El análisis y estructuración de los sistemas de información de un explotador de servicios de abastecimiento de agua potable, adoptando un enfoque centrado en la Gestión Patrimonial de Infraestructuras, constituye una tarea compleja, dada la cantidad de sistemas de información que comprenden estos servicios. La tendencia en las empresas del sector del agua es que la cantidad de datos se incremente de manera exponencial, pero lejos de suponer una ventaja para la gestión del servicio, complican las tareas del personal de la empresa concesionaria. Por un lado, el ruido introducido por datos vacíos y carentes de utilidad enmascaran otros muchos que constituyen información potencialmente valiosa. Por otro, el almacenamiento desordenado de estos datos hace que no puedan establecerse fácilmente las relaciones entre unos datos y otros ni encontrar relaciones causales entre ellos.

La Gestión Patrimonial de Infraestructuras aporta una visión holística de sistema que confiere una enorme fiabilidad al proceso de diseño de los sistemas de información de la empresa. Este conjunto de técnicas y metodologías de vanguardia suponen un reto inmediato para el prestador del servicio por la poca disponibilidad de datos. Sin embargo, el sistema planteado resuelve el problema a corto, medio y largo plazo con suficiencia. Aunque el planteamiento realizado no resuelve de manera directa la gestión del servicio ni supone la elaboración propiamente dicha de un Plan de Gestión Patrimonial de Infraestructuras, sienta las bases necesarias para su elaboración y redacción.

Por otro lado, los principios de diseño de modularidad, independencia, escalabilidad, alta disponibilidad, uso de soluciones abiertas, estandarización de procesos, integridad de los datos y calidad de los mismos, elevan aún más la calidad del diseño, asegurando su mantenibilidad y garantizando su continuidad futura. Al fin y al cabo, la implantación de un sistema de estas características es un gran riesgo y comporta una inversión inicial que requiere amplias garantías; una inversión de tamaño dimensión suponen un compromiso insalvable para el futuro inmediato y puede asegurar o comprometer el éxito de la empresa concesionaria del servicio.

El análisis de la organización del servicio, entiendo como tal el sistema formado por las áreas funcionales del mismo, el personal involucrado y los compromisos adquiridos con la propiedad de la infraestructura, han acercado la realidad del prestador al diseño de los sistemas de información. Con él, se han establecido los procesos, usuarios, compromisos y características exigibles a las

tecnologías de información, paso imprescindible antes de comenzar la tarea de estructuración y definición de la misma.

En esta línea, los sistemas de información de la empresa se han organizado en cinco grandes bloques: el **inventario de componentes**, la **base de datos de abonados**, el **servicio de atención al cliente**, el **sistema de información geográfica** y el **sistema de telecontrol de las infraestructuras** del servicio. Todos estos componentes disponen, según las directrices marcadas en el Capítulo IV, de una autonomía suficiente para trabajar en solitario pero producen fuertes sinergias cuando trabajan conjuntamente mediante la incorporación de los módulos de comunicación entre ellas o *middlewares*.

En definitiva, el presente documento cumple ampliamente con los objetivos marcados al principio de su elaboración, si bien este trabajo tan solo constituye el primer paso hacia la construcción última del sistema de información de la empresa. No debe entenderse, por tanto, este documento como el comienzo y fin de un proceso, sino como la primera iteración del mismo.

## 2. IMPLEMENTACIÓN, MONITORIZACIÓN Y DESARROLLOS FUTUROS

La **implementación** de los sistemas de información descritos constituye un paso necesario, aunque no suficiente, para garantizar el éxito de la empresa explotadora del servicio, contribuyendo de manera definitiva a la **eficiencia y mejora de la calidad del servicio**. La gran virtud del sistema que se ha diseñado es, sin duda, su flexibilidad; dado que se trata de un sistema distribuido que aborda el problema de municipio en municipio, la implementación de un sistema de estas características puede realizarse a modo de prueba en los **municipios piloto** que la empresa estime conveniente. Aunque los sistemas de información de todos los municipios deben seguir una marcada tendencia hacia la normalización dentro de la empresa, la recomendación del autor es que su aplicación sea gradual. La convivencia con otras tecnologías no es, por tanto, incompatible con el sistema planteado.

Aunque no es objeto del presente documento, queda supeditado a la explotación del servicio la elaboración de los correspondientes planes de Gestión Patrimonial de Infraestructuras. Sobre repetir los beneficios de su aplicación, pero sí debe subrayarse que su redacción constituye un objetivo estratégico en sí mismo para la empresa. Los modelos estadísticos de probabilidad de fallo, de evaluación de consecuencias de fallos, de gestión del riesgo, el análisis del desempeño de la infraestructura como sistema y los modelos económicos que plantea la GPI aportan nuevas e inestimables perspectivas en la gestión de un abastecimiento. El proceso de planteamiento de medidas estructurales y no estructurales en una infraestructura de abastecimiento debe dejar de entenderse como un proceso de ingeniería pura, que se convierte casi en una ciencia exacta sin

anticipar los problemas futuros de la infraestructura. Estas nueva perspectivas contribuirían a desarrollar de forma completa la visión de sistema y a analizar en mejores condiciones las alternativas de actuación en términos de coste/beneficio, expresados no únicamente en términos monetarios.

Por otra parte, el proceso diseño de los sistemas de información de la empresa debe entenderse como un *proceso en constante evolución* por múltiples motivos. Por un lado, la **innovación tecnológica** debe conducir a diseños más eficientes y eficaces para la consecución de los objetivos estratégicos y tácticos del prestador del servicio; por otro, las exigencias de la sociedad y del servicio tienden a aumentar con el tiempo y esta exigencia de una **mayor calidad de servicio** implica que el esfuerzo a realizar para la abstracción de los datos y ordenamiento de la información sea todavía mayor. La sana competencia entre empresas del sector también contribuirá de forma decisiva a una mayor especialización y profesionalización de los diseños de los sistemas de información.

Para garantizar que el proceso siga los **principios de mejora continua** establecidas en las normas UNE-EN ISO 9001:2008 “Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos” y UNE-EN ISO 14001:2004 “Sistemas de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso.”, se recomienda encarecidamente el nombramiento de responsables para la monitorización y seguimiento de cada uno de los cinco componentes del sistema. En este sentido deberán redactarse los correspondientes **informes de seguimiento** con una periodicidad anual, que desencadene de forma natural e impulsen un nuevo proceso de diseño que subsane las deficiencias del sistema que no hayan sido detectadas con anterioridad.



# ANEXO A. LA ELABORACIÓN DE UN PLAN DE GPI

## A.1. LA METODOLOGÍA AWARE

### A.1.1. INTRODUCCIÓN

La Gestión Patrimonial de Infraestructuras urbanas de abastecimiento de agua constituye cada vez más una actividad determinante para la garantía del cumplimiento de los requisitos de desempeño de los sistemas. Por un lado, las exigencias de desempeño en términos de eficiencia y de calidad del servicio prestado a los usuarios tienden a aumentar. Por otro, las infraestructuras están sujetas a diferentes causas de degradación a lo largo del tiempo, siendo necesaria su rehabilitación. La adopción del enfoque GPI es indispensable para asegurar la coherencia de las inversiones y los costes operacionales en función de los objetivos de calidad del servicio marcados.

La metodología AWARE tiene como objetivo orientar a las entidades gestoras de sistemas de abastecimiento de agua que decidan poner en práctica una estrategia proactiva de gestión patrimonial de infraestructuras, para la cual la rehabilitación asume un papel central. Su ámbito de aplicación son los sistemas de abastecimiento de agua, normalmente los sistemas de aducción y distribución, incluyendo conducciones, depósitos y estaciones de bombeo. Queda fuera del ámbito de esta metodología cuestiones específicas relativas a otros componentes, tales como sistemas de captación e instalaciones de tratamiento.

La metodología constituye un instrumento de apoyo a la gestión técnica que, basándose en métodos científico-técnicos sólidos y actualizados, tienen un carácter eminentemente práctico. El enfoque propuesto está respaldado por la utilización de técnicas innovadoras, científica y técnicamente robustas, que tienen como fin que el sistema evolucione hacia la mejora de la calidad del servicio prestado a los usuarios, garantizando la sostenibilidad infraestructural, operacional, económico-financiera y ambiental de las entidades gestoras.

El presente capítulo tiene como objetivo presentar la metodología AWARE, sentando las bases del estudio realizado en capítulos posteriores, y que tiene como fin último la elaboración de programas de rehabilitación, desarrollando los tres niveles de decisión fundamentales (nivel estratégico, táctico y operacional).

La metodología AWARE, sin embargo, puede adoptarse de forma simplificada en la práctica, siempre que se conserven sus principios generales. Es esencial que, incluso de manera informal, el proceso responda a las siguientes preguntas:

- ¿En qué dirección ir a largo plazo?
- ¿Qué hacer a medio plazo?
- ¿Qué hacer a corto plazo?

Para contestar a estas preguntas, se propone la adopción de tres niveles de planificación que pueden corresponderse o no con la elaboración de planes formales para cada nivel. Las secciones sucesivas incluyen una descripción de dichos niveles y las diferentes etapas y actividades involucradas en cada uno de ellos.

### A.1.2. NIVELES DE PLANEAMIENTO

La actividad de las entidades gestoras de abastecimiento de agua deberá ser planeada a varios niveles (Gordon y Shore 1998; Vanier, 2000; INGENIUM e IPWEA; 2006):

- a un **nivel estratégico**, a largo plazo, que establece los objetivos estratégicos y sus respectivas metas, así como las vías para alcanzar los resultados deseados;
- a un **nivel táctico**, a medio plazo, que establece las vías para obtener los resultados deseados, o sea, las tácticas a adoptar para que los objetivos estratégicos se alcancen;
- a un **nivel operacional**, que establece el programa de acciones a realizar a corto plazo.

A cada uno de estos niveles le corresponden planes distintos, así como horizontes temporales y ámbitos geográficos y áreas organizacionales diferentes.

### A.1.3. ÁMBITO Y HORIZONTE TEMPORAL DE LOS PLANES

Los planes estratégicos son de ámbito global, englobando a toda la organización y a toda el área geográfica suministrada. Los planes tácticos se desarrollan por área organizacional y pueden tener un ámbito geográfico más restringido (por ejemplo, un subsistema específico). Los planes operacionales son los más específicos, con un ámbito más localizado y temáticamente más limitados. Cada uno de estos tipos de planes deberá ser coherente y estar alineado con los restantes, de modo que se garantice el cumplimiento de los objetivos estratégicos de la organización.

Los planes estratégicos son promovidos por la administración de la organización, los planes tácticos por los responsables de cada dirección de área y los planes operacionales por los responsables de los equipos operacionales (ver Tabla A-1).

*Tabla A-1. Relación entre planes, niveles de decisión y ámbito de los planes*

<b>Plan</b>	<b>Nivel de decisión</b>	<b>Ámbito</b>
Estratégico	Administración	Global
Táctico	Puestos intermedios	Área o sector de aplicación
Operacional	Equipos operacionales	Operacional y pormenorizado

El planeamiento de la GPI también deberá ser estructurado en estos tres niveles y ser parte integrante del planeamiento global de la organización. En el enfoque de la GPI, estos niveles de planeamiento son indispensables para garantizar la coherencia de todo el proceso y el alineamiento entre objetivos de la organización y los resultados obtenidos.

Cada organización deberá elaborar un único plan estratégico, que establece los objetivos y metas a largo plazo. Estas metas deberán especificar los niveles de servicio a alcanzar. Cabe señalar que sólo una parte de los objetivos estratégicos y metas de la organización es relevante en el contexto de la rehabilitación.

En función de los objetivos y niveles de servicio establecidos, se desarrollan varios planes tácticos de la organización, uno de las cuales es el plan de gestión patrimonial de infraestructuras (GPI), que contiene la planificación de las intervenciones de rehabilitación.

Finalmente, se elaboran múltiples planes operacionales, algunos de ellos específicos de la rehabilitación.

La implantación de cada uno de estos planes deberá ser monitorizada, de modo que se avale el cumplimiento de las metas establecidas, se identifiquen desviaciones, y se propongan medidas de mejora y revisión de los planes de acuerdo a las desviaciones detectadas. Estos planes deberán ser coherentes entre sí, definiendo en cada nivel de planeamiento las directrices y las fronteras con el nivel jerárquico siguiente.

A modo de ejemplo, y en el marco de la GPI, el **nivel estratégico** establece los objetivos generales (por ejemplo, la rehabilitación de los sistemas para reducir la frecuencia de la insuficiencia de la oferta y la cantidad de pérdidas de agua) y las estrategias a adoptar (por ejemplo, replantear el coste del servicio para garantizar la financiación de la rehabilitación, ajustar la estructura jerárquica de la organización para permitir la aplicación de un enfoque GPI, etc.).

El **nivel táctico** se basa en esta información y proporciona una manera de lograrlo geográfica y temporalmente. El principal reto de este nivel es el de establecer prioridades para las acciones y el tipo de solución adoptada, no sólo en términos de infraestructura física (por ejemplo, zonas

geográficas o componentes de rehabilitación de prioridad), sino también en términos de gestión de la información y de recursos humanos y tecnológicos (por ejemplo, la integración de sistemas de información geográfica, el sistema de atención al cliente y otros sistemas de información de la organización).

El **nivel operacional** establece un calendario de actividades y asigna recursos de manera pormenorizada, para permitir la implementación de las acciones a corto plazo.

No existen reglas generales que permitan definir de forma meridiana las fronteras entre los diferentes niveles de decisión. Por ejemplo, un objetivo puede ser considerado estratégico en un determinado contexto de decisión y táctico en otro contexto.

Es importante asegurar que los planes se mantengan actualizados en cualquiera de los tres niveles de decisión. Para ello, se deben definir unos mecanismos de actualización periódica de forma que existan unas directrices claras para el periodo correspondiente al horizonte temporal del plan. El tiempo entre revisiones, en general, debe ser del orden de 1/5 a 1/3 de la longitud del plan correspondiente, lo que conduce a revisiones menos frecuentes a nivel estratégico que a nivel operacional.

#### **A.1.4. PROCESO DE ELABORACIÓN DE LOS PLANES**

El proceso de elaboración del planeamiento, en cualquiera de los tres niveles presentados, se basa en seis fases principales:

- establecimiento de objetivos, criterios de evaluación, medidas del desempeño y de las metas;
- elaboración de un diagnóstico;
- producción del plan;
- implementación del plan;
- monitorización del plan;
- revisión del plan.

Las tareas inherentes a cada una de estas fases dependen del nivel de planeamiento estudiado y se presentan con detalle en los apartados correspondientes.

Este proceso sigue los principios de mejora continua establecidas en las normas UNE-EN ISO 9001:2008 “Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos” y UNE-EN ISO 14001:2004 “Sistemas de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso.”.

## **A.2. PLANEAMIENTO ESTRATÉGICO**

### **A.2.1. INTRODUCCIÓN**

La Planificación Estratégica es una herramienta de gestión que permite apoyar la toma de decisiones de las organizaciones en torno al quehacer actual y al camino que deben recorrer en el futuro para adecuarse a los cambios y a las demandas que les impone el entorno y lograr la mayor eficiencia, eficacia y calidad en los bienes y servicios que se proveen. Desde un punto metodológico, la planificación estratégica consiste en un ejercicio de formulación y establecimiento de objetivos de carácter prioritario, cuya característica principal es el establecimiento de los cursos de acción (estrategias) para alcanzar dichos objetivos. Desde esta perspectiva, la planificación estratégica es una herramienta clave para la toma de decisiones de cualquier institución.

A partir de un diagnóstico de la situación actual, la Planificación Estratégica establece cuales son las acciones que se tomarán para llegar a un futuro deseado, el cual suele estar referido al largo plazo.

El uso de la Planificación Estratégica en el ámbito privado se concibe como una herramienta imprescindible para la identificación de prioridades y asignación de recursos en un contexto de cambios y altas exigencias por avanzar hacia una gestión comprometida con los resultados.

### **A.2.2. OBJETIVO Y RELEVANCIA DEL PLANEAMIENTO ESTRATÉGICO**

El objetivo principal de la planificación estratégica es apoyar, fortalecer y dar coherencia al proceso de toma de decisiones de una organización para identificar y abordar los factores clave, tanto internos como externos, que afectan a su actividad. Se lleva a cabo para mejorar el rendimiento de la organización y proporciona la base para las posteriores acciones de gestión, incluida la planificación táctica y operacional. Constituye un medio para que la organización adapte su negocio a las necesidades cambiantes de la sociedad y el medio ambiente.

Desde el punto de vista de la entidad gestora de abastecimiento de agua, este proceso de planificación se centra en el desarrollo de estrategias que conduzcan al éxito de la organización en cuanto a su misión de dar servicio de suministro de agua. Para ello:

- traduce la demanda de servicios por parte de los clientes, en términos de disponibilidad y calidad, en estrategias a largo plazo que permiten satisfacer dicha demanda;
- abarca las directrices estratégicas relativas a todos los ámbitos de actividad de la organización.

El resultado es, por lo general, la elaboración de un plan estratégico, único para toda la organización. En las pequeñas y medianas empresas de abastecimiento, la planificación estratégica puede materializarse a través de un modelo simplificado, más informal que el plan que se propone en las secciones siguientes, indicando las principales líneas estratégicas de la organización.

Este plan tiene, por lo general, un horizonte temporal a largo plazo. La parte financiera de este plan general tiene horizontes del orden de 10 a 20 años. La componente técnica tiende a cubrir períodos más largos, con el fin de gestionar de manera óptima el ciclo de vida de los componentes de la infraestructura.

El plan puede incluir directrices claras relativas al cumplimiento de objetivos de la GPI que surgen, por ejemplo, de los requisitos normativos o contractuales (por ejemplo, el cumplimiento de los indicadores del agua suministrada). También puede incluir aspectos que constituyen, indirectamente, requisitos para la necesidad de rehabilitación (por ejemplo, la mejora de la calidad de servicio al cliente en lo que se refiere a la disminución de la frecuencia de las interrupciones).

El éxito del planeamiento estratégico requiere que el proceso sea desarrollado por un equipo multidisciplinar que abarque todas las áreas organizacionales de la entidad gestora y sea coordinada por un elemento de administración (por lo general, su presidente). Si no hay compromiso o no se cuenta con la participación de toda la estructura de la organización desde el inicio del proceso, el planeamiento estratégico estará como mínimo malogrado y su implantación será ineficaz.

### A.2.3. PROCESO DE ELABORACIÓN DE UN PLAN ESTRATÉGICO

La elaboración de un plan estratégico puede ser esquematizada en las fases representadas en la Figura A-1. Estas fases son explicadas individualmente en las secciones sucesivas, concretando los aspectos relevantes para la GPI.

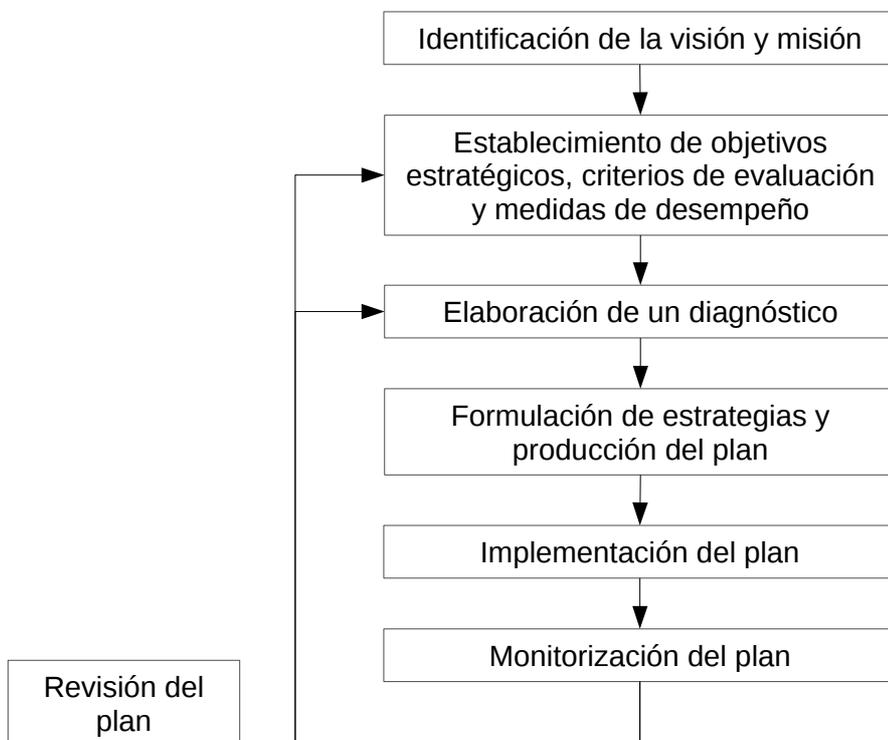
### A.2.4. MISIÓN Y VISIÓN

La misión es una descripción general de la naturaleza y razón de ser de la organización, clara y concisa, sin sobrepasar una única frase. Debe ser fácil de comprender y deberá estar presente en la mente de todos los colaboradores, de modo que los guíe tanto en sus actividades individuales como en las colectivas.

La **misión** responde a preguntas del tipo: ¿para qué existe la empresa?, ¿cuáles son nuestras aspiraciones, razón de ser y valores?, ¿en qué negocio o negocios estamos?, ¿quiénes son nuestros clientes?, ¿en qué zona geográfica actuamos?, etc. Lleva a una definición del negocio

de la empresa, de aquello que quiere o no quiere ser y del propósito que la distingue de otras de su tipo. Es su motivo para existir y constituye una suma de las aspiraciones, razón de ser y valores de la empresa.

*Figura A-1. Fases del proceso de elaboración de un plan estratégico.*



La misión es una forma de establecer los límites de la empresa; es la identificación de los ámbitos competitivos de la misma. Se puede llegar a ella definiendo el mercado, la función, la tecnología y las capacidades singulares de la empresa, tanto en el presente como en el futuro.

La **visión** establece los principales valores atemporales subyacentes a toda la actividad de la organización. Proporciona una orientación en el proceso de decisión a nivel estratégico. No determina el funcionamiento de una organización, pero sí como se pretende actuar y su imagen cara al exterior. Es una visión de futuro y de éxito.

Es importante que el plan estratégico sea guiado por la misión y visión previamente establecidas por la organización. Es por eso que se hace necesario que la primera fase del planeamiento consista en la definición de la misión y visión, que marca la línea fundamental de actuación.

## A.2.5. OBJETIVOS ESTRATÉGICOS

Basándose en la visión y misión de la organización, pueden definirse objetivos estratégicos concretos que la organización pretenda alcanzar. Estos objetivos son globales en toda la organización; no son específicos de la GPI. Deberán ser ambiciosos, pero viables, y compatibles entre sí. Además, deberán ser medibles de modo que la organización pueda monitorizar el progreso conseguido y, en su caso, introducir los cambios necesarios.

La norma ISO 24512:2007 establece un conjunto de objetivos principales para una entidad gestora de sistemas de abastecimiento de agua (ver Tabla A-2). Cada organización deberá analizar, completar o alterar estos objetivos, definiendo sus propios objetivos estratégicos.

*Tabla A-2. Objetivos estratégicos para entidades gestoras de abastecimiento de agua (ISO 24512:2007).*

<b>Objetivo 1: Protección de la salud pública.</b> Asegurar el abastecimiento de agua de forma segura y en buenas condiciones organolépticas para consumo humano y en cantidades compatibles con sus necesidades.
<b>Objetivo 2: Satisfacción de las necesidades y expectativas de los usuarios.</b> Asegurar que la actividad satisface las necesidades y expectativas de los usuarios de forma racional.
<b>Objetivo 3: Suministro del servicio en condiciones normales y de emergencia.</b> Asegurar el abastecimiento continuo de agua para consumo humano a todos los usuarios, en condiciones normales de funcionamiento, y a los consumidores críticos o áreas críticas, en situaciones de emergencia, así como restablecer el abastecimiento a la mayor brevedad posible en caso de interrupción.
<b>Objetivo 4: Sostenibilidad de la entidad gestora.</b> Asegurar que el patrimonio infraestructural es conservado y tiene la capacidad suficiente para satisfacer las necesidades actuales y futuras de los usuarios.
<b>Objetivo 5: Promover el desarrollo sostenible de la comunidad.</b> O sea, contribuir al crecimiento y mejora de la calidad de vida de la comunidad, sin comprometer el uso de los recursos naturales para las generaciones futuras.
<b>Objetivo 6: Protección del medio ambiente.</b> Minimizar los impactos ambientales adversos y mitigar los efectos negativos causados en el medio ambiente por la entidad gestora.

## A.2.6. CRITERIOS, MEDIDAS Y METAS

Para cada objetivo estratégico, la entidad gestora deberá definir los criterios de evaluación, medidas de desempeño y metas, de modo que sea posible su evaluación y seguimiento. Los criterios de evaluación, o *service assessment criteria*, son aspectos o perspectivas que permiten evaluar el cumplimiento de los objetivos. La norma ISO 24500 da ejemplos de posibles criterios de evaluación. Las entidades gestoras deberán analizar esta recomendación y adaptarse a su propia realidad. Por lo general, se verificará que un mismo criterio de evaluación sea aplicable a

diferentes objetivos estratégicos. Siguiendo los principios establecidos en esta norma, la Tabla A-3 muestra, para cada objetivo, los principales criterios de evaluación aplicables y su relevancia en el contexto de la GPI. La relevancia es indicada con los códigos +, ++, +++, en función de si se trata de un criterio relevante, muy relevante o imperativo, respectivamente.

Tabla A-3. Ejemplo de criterios de evaluación y su relación con los objetivos estratégicos

Criterio de evaluación / Objetivo	1	2	3	4	5	6
Adecuación de la cantidad de agua	+++	+++	+++	+++	++	+++
Evaluación del cumplimiento de los requisitos de presión		+++	+++	++	+++	
Evaluación del cumplimiento de las normas en materia de salud pública y de calidad del agua para consumo humano	+++	+++	+++	++	+++	
Ocurrencia de fallos de abastecimiento (continuidad e interrupciones del servicio)		++	++			
Sostenibilidad e integridad estructural	++	++	+++	+++	+	
Sostenibilidad económico-financiera de la entidad gestora		++	++	++		
Uso eficiente del agua		++			+	+++
Uso eficiente de la energía		+			+	+++
Eficiencia de utilización de recursos humanos, tecnológicos y materiales		+	++	+++	+	+

Para aplicar estos criterios de evaluación, es necesario definir medidas de evaluación del desempeño lo más objetivas y cuantificables posibles. Las **medidas de desempeño**, o *performance measures*, son los parámetros específicos utilizados para evaluar el desempeño. Pueden asumir la forma de indicadores, niveles o índices:

- **Indicadores de desempeño.** Son medidas cuantitativas de eficiencia o de eficacia de una actividad de la entidad gestora, resultante de una combinación algebraica de diversas variables. Pueden ser adimensionales (por ejemplo, en %) o expresar una cantidad ( $\text{€}/\text{m}^3$ ) y una extensión ( $\text{m}^3/\text{año}$ ). Son calculadas usando información histórica.
- **Niveles de desempeño.** Son medidas de desempeño de naturaleza cualitativa, expresadas en categorías discretas (por ejemplo, excelente, bueno o insatisfactorio). En general, son adoptadas cuando no es viable calcular medidas cuantitativas.
- **Índice de desempeño.** Son medidas resultantes de la combinación de medidas de desempeño elementales (indicadores de desempeño o niveles de desempeño) o de la aplicación de instrumentos de análisis (por ejemplo, modelos de cálculo de la eficiencia de

costes o modelos de simulación hidráulica). Se destinan, de forma general, para reunir varios puntos de vista de análisis en una única medida.

Definidas las medidas de desempeño, el plan estratégico deberá establecer metas a medio y largo plazo. Las **metas**, o *targets*, son valores propuestos a alcanzar por las medidas de desempeño en un horizonte temporal dado, que pueden ser a corto, medio o largo plazo. Las metas definidas estarán implícitamente asociadas a un nivel de riesgo de fallo aceptable.

Supongamos que se adopta el “Uso eficiente de agua” como criterio del objetivo “Protección del medio ambiente”. Algunas posibles medidas de desempeño asociadas a dicho criterio figuran en la Tabla A-4.

*Tabla A-4. Ejemplo de medidas de desempeño para el objetivo estratégico “Protección del medio ambiente” y criterio “Uso eficiente del agua”.*

<b>Uso eficiente del agua</b>	
<b>Pérdidas reales por kilómetro de conducción</b> (litros/km/día) Pérdidas reales durante el periodo de referencia x 1000 / (longitud de conducciones x número de horas en las que el sistema está en presión durante el periodo de referencia / 24)	ID1
<b>Ineficiencia de utilización de los recursos hídricos</b> (%) Pérdidas reales durante el periodo de referencia / agua inyectada al sistema durante el periodo de referencia x 100	ID2

Nótese que la definición de la medida de desempeño siempre va acompañada de la unidad en la que viene expresada, así como de una descripción larga sobre cómo se ha efectuado su cálculo. Por otro lado, toda medida de desempeño deberá quedar identificada por un código único y constante durante todo el proceso de planeamiento.

Definidas las medidas de desempeño, pueden establecerse una serie de metas a medio y largo plazo (Tabla A-5) para cada criterio, de forma que todas ellas contribuyan a alcanzar el objetivo estratégico seleccionado, “Protección del medio ambiente”, según el criterio “Uso eficiente del agua”.

La información necesaria para el cálculo de las medidas de desempeño a nivel estratégico es recogida por los departamentos de la organización. El cálculo puede efectuarse localmente, de modo que sea más centralizado (por ejemplo, por el departamento responsable del planeamiento). Como una parte o la totalidad de las medidas serán utilizadas también a nivel táctico, es frecuente que sean los responsables de la monitorización del plan táctico los que generen la información de monitorización del plan estratégico.

Tabla A-5. Ejemplo de metas para el objetivo estratégico "Protección del medio ambiente" y criterio "Uso eficiente del agua".

Medidas de desempeño	Intervalos (valor del indicador para la situación actual)	Metas	
		Medio plazo (3 a 5 años)	Largo plazo (>15 años)
Pérdidas reales por kilómetro de conducción (l/km/día)	$v > 200$ (malo)	Alcanzar 150	Alcanzar 100
	$100 \leq v \leq 200$	Alcanzar 100	Mantener
	$v < 100$ (bueno)	Mantener	Mantener
Ineficiencia de utilización de los recursos hídricos (%)	$v > 50$ (malo)	Alcanzar 30	Alcanzar 15
	$25 < v \leq 50$	Reducir 25%	Alcanzar 15
	$15 < v \leq 25$	Alcanzar 15	Mantener
	$Se < v$ (bueno)	Mantener	Mantener

## A.2.7. DIAGNÓSTICO

### METODOLOGÍA

El diagnóstico tiene por finalidad caracterizar la situación de partida de la organización, identificando los principales problemas existentes relevantes para la GPI. Tiene también como objetivo identificar puntos fuertes y débiles, oportunidades y amenazas directamente relacionadas con los objetivos estratégicos establecidos y los resultados del análisis del entorno de la organización.

El entorno de la organización está constituido por todos aquellos elementos y variables del exterior que interaccionan e influyen o pueden influir sobre ella produciendo, directa o indirectamente, flujos económicos, esto es, sucesos traducibles en unidades monetarias. Se suelen establecer dos niveles en el entorno de una empresa: un contexto general externo o de acción indirecta y un contexto interno o de acción directa.

El diagnóstico implica:

- evaluación del desempeño actual, basándose en los objetivos, criterios y medidas definidos previamente, y la interpretación de resultados;
- recogida y evaluación de información relativa al contexto externo relevante para la GPI (por ejemplo, factores de naturaleza económica, legal, institucional, ambiental, demográfica, autoridades competentes, entidades titulares, usuarios, etc.);
- recogida y evaluación de información relativa al contexto interno de la organización relevante para la GPI (por ejemplo, infraestructura, recursos humanos, tecnológicos y financieros, estructura interna de la organización, etc.);

- síntesis de los resultados de las etapas anteriores en forma de un análisis DAFO (debilidades, amenazas, fortalezas, oportunidades): en base a la evaluación externa deberá identificarse las oportunidades de mejora y los principales riesgos; en base a la evaluación interna deberán identificarse los puntos fuertes y los puntos débiles.

## **EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO ACTUAL**

En esta etapa se procede a la evaluación del desempeño actual basándose en los objetivos estratégicos, criterios y medidas de desempeño seleccionadas.

Los resultados obtenidos deberán ser clasificados y ordenados, de acuerdo a los intervalos de clasificación definidos para cada medida de desempeño, identificado de este modo los aspectos más críticos a mejorar, que deberán tenerse en cuenta en las etapas siguientes de diagnóstico y en la formulación de la estrategia.

## **RECOGIDA Y EVALUACIÓN DE LA INFORMACIÓN RELATIVA AL CONTEXTO EXTERNO**

El contexto externo está constituido por aquellos elementos y variables que le pueden afectar indirectamente porque crean una situación de cambio a la que se tiene que amoldar o porque influyen en alguno de los elementos de su entorno inmediato que le afectan directamente.

El análisis del contexto externo requiere, por tanto, identificar los factores de naturaleza política, legal y normativa, económica y demográfica, social y cultural, tecnológica y ambiental relevantes para el cumplimiento de los objetivos de la entidad gestora y teniendo en cuenta el contexto de la GPI.

Por otro lado, existe también un entorno más inmediato, constituido por aquellos elementos que se relacionan permanentemente con la empresa y que influyen directamente en la misma, en su actividad diaria y en sus resultados. En esta categoría quedan enmarcadas las principales entidades externas a la organización que intervienen en el servicio de abastecimiento de agua y que son:

- Clientes (directos y clientes distribuidores) y otros consumidores autorizados (p.ej., bomberos);
- Comunidades (población que habita o frecuente zonas donde existen infraestructuras de abastecimiento de agua);
- Entidad titular del servicio de abastecimiento de agua (si hay una concesión coincidirá con la entidad gestora);

- Accionistas de la entidad gestora (el Estado o entidades privadas en caso de una concesión);
- Administración nacional y regional;
- Entidades reguladores;
- Entidades financieras;
- Universidades e institutos de investigación;
- Consultores y proyectistas;
- Emprendedores;
- Otros suministradores de servicio (energía, materias primas, tecnologías, servicios, etc.);
- Organización no gubernamentales medioambientales (ONGA) u otras (p.ej. asociaciones de consumidores).

Los intereses y expectativas de los agentes involucrados deberán ser tenidos en cuenta en el proceso de decisión de la GPI.

De manera análoga al análisis anterior, cada uno de estos aspectos deberá ser clasificado como oportunidad o amenaza, según corresponda.

## **RECOGIDA Y EVALUACIÓN DE LA INFORMACIÓN RELATIVA AL CONTEXTO INTERNO**

La recogida y evaluación de información relativa al contexto interno de la entidad gestora deberá tener en cuenta el análisis de los factores: estructura de la organización, recurso infraestructura, recursos humanos, recursos tecnológicos y recursos financieros, entre otros.

El análisis interno anterior deberá ser completado con la evaluación e interpretación crítica de las medidas de desempeño seleccionadas para la situación de referencia (año 0 del plan).

## **ANÁLISIS DAFO**

El diagnóstico deberá terminar con la elaboración de un análisis DAFO (debilidades, amenazas, fortalezas, oportunidades), que integre la información relativa al contexto externo (global y específico de los agentes participantes en el servicio de abastecimiento de agua) e interno.

El análisis DAFO consiste en la sistematización de las principales oportunidades y amenazas, así como los principales puntos fuertes y débiles de la entidad gestora, de modo que sirva de base para establecer las estrategias de la GPI.

La construcción de esta matriz no es esencial y puede no ser sencilla. Sin embargo, de realizarla, el proceso de elaboración irá asociado de manera directa al establecimiento de las estrategias. Las estrategias deberán procurar maximizar las oportunidades y minimizar el riesgo asociado a las amenazas, explotando al máximo los puntos fuertes y minimizando los efectos negativos de los puntos débiles.

Tras la realización del análisis DAFO, se deberán realizar los eventuales ajustes de las metas establecidas y, en casos excepcionales, ajustar los objetivos estratégicos y sus respectivos criterios de evaluación y medidas de desempeño.

### **A.2.8. FORMULACIÓN DE ESTRATEGIAS Y PRODUCCIÓN DEL PLAN**

Esta fase del proceso de planeamiento consiste en la identificación de estrategias alternativas y su comparación y selección de entre las más adecuadas para la organización, entendida como un todo, y para sus servicios clave.

Definidos los objetivos y metas, hecho el diagnóstico y definidas las estrategias, se deberá proceder a redactar el plan estratégico, que deberá contener la siguiente información:

- visión y misión de la organización;
- objetivos estratégicos, criterios, medidas y metas a alcanzar;
- síntesis del contexto externo e interno;
- oportunidades, amenazas, puntos fuertes y puntos débiles relevantes para la GPI;
- estrategias para cumplir la misión y alcanzar los objetivos y metas;
- mecanismos de monitorización, evaluación y revisión del plan, basados en las medidas de desempeño definidas para evaluar los objetivos y especificar las metas.

Como se ha mencionado anteriormente, deberá existir un plan estratégico global para toda la organización, en el cual deberán ser incluidas las directrices relevantes para la GPI.

### **A.2.9. IMPLEMENTACIÓN, MONITORIZACIÓN Y REVISIÓN DEL PLAN**

La implementación del plan estratégico consiste en el desarrollo de los planes tácticos y operacionales, alineados con el mismo.

Es indispensable que la implementación del plan estratégico sea debidamente acompañada y monitorizada y el plan revisado periódicamente. Los factores claves que condicionarán la frecuencia de la revisión del plan, nunca superior a 5 años, serán:

- el resultado de la monitorización;
- alteraciones significativas del contexto externo (p.ej. debidas al desarrollo tecnológico, alteración de los requisitos legales o regulatorios o las condiciones de las actividades);

La monitorización consiste en el cálculo sistemático de las medidas de desempeño seleccionadas para todos los objetivos estratégicos y la comparación de éstos con sus respectivas metas. El grado de cumplimiento global de cada objetivo deberá ser evaluado a partir del cumplimiento de las metas individuales. Puede ser calculado como porcentaje de metas cumplidas, adoptando un mismo peso para todas las medidas o asignando pesos distintos en función de la importancia de cada meta para la consecución del objetivo.

Dado que el horizonte temporal es a largo plazo, la monitorización deberá realizarse anualmente, de modo que sea posible identificar posibles desvíos y acciones correctivas que garanticen el cumplimiento de los objetivos y justifiquen un eventual ajuste de las metas y estrategias.

Deberá elaborarse un documento de síntesis anual que presente los resultados de la monitorización que serán integrados en la memoria anual de la entidad gestora.

La revisión del plan se basará en el análisis de los resultados de monitorización y consistirá en la realización de un nuevo análisis DAFO, con el correspondiente análisis del contexto externo e interno. De la revisión del plan resultará un ajuste de objetivos, metas y estrategias.

### **A.3. PLANEAMIENTO TÁCTICO**

#### **A.3.1. INTRODUCCIÓN**

La planificación táctica es un proceso intermedio entre la planificación estratégica y operacional, que asimila las influencias externas a la organización y el planeamiento estratégico para desarrollar planes concretos que se pueden detallar y desagregar en otros planes. Los objetivos, prioridades y estrategias son a medio plazo, se derivan de la planificación estratégica y marcan las pautas para la planificación operacional.

El planeamiento táctico define con claridad qué desea o qué pretende lograr la organización, cómo y cuándo se realizará esto y quién será el encargado. También es el medio a través del cual se implanta el plan estratégico de la organización.

Los gerentes son los responsables del desarrollo, coordinación y de la puesta en marcha de los planes tácticos para cada una de las unidades bajo su supervisión, así como de asegurarse que sean coherentes con el plan estratégico de la organización. Los planes de las distintas unidades

se conjuntan para garantizar la coordinación horizontal y vertical, para así reducir la probabilidad de una duplicación de esfuerzos o de una brecha en los mismos.

Estos planes, por lo general de cinco años de duración, fluyen naturalmente desde los objetivos, políticas y estrategias establecidas en el plan estratégico.

### **A.3.2. OBJETIVO Y RELEVANCIA DEL PLANEAMIENTO TÁCTICO**

El objetivo del planeamiento táctico es materializar las estrategias establecidas en el planeamiento estratégico, definiendo la forma de implementarlas sectorialmente. Los planes tácticos tienen un ámbito más restringido que los planes estratégicos, en términos geográficos y de área de aplicación. Son los instrumentos de gestión fundamentales para asegurar una coherencia entre las actividades del día a día, a nivel operacional, y las estrategias globales de la organización.

Tienen un horizonte temporal más corto que aquel del plan estratégico, adoptándose horizontes temporales de tres a cinco años. Conllevan el desarrollo de planes independientes (por ejemplo, el plan de GPI) que traducen los objetivos estratégicos en objetivos sectoriales, establecen prioridades de actuación en sus respectivas áreas y definen los recursos (naturales, estructurales, tecnológicos, humanos y financieros) necesarios para alcanzar los objetivos marcados.

A pesar de que el planeamiento de la GPI debe realizarse a los tres niveles presentados, la designación de Plan Gestión Patrimonial de Infraestructuras (GPI) se corresponde a nivel táctico con la implementación de las estrategias que se relacionan con la infraestructura. Este plan contiene otros planes, normalmente el plan táctico de intervenciones estructurales, que se refiere a las intervenciones físicas (obras) de rehabilitación y de expansión a realizar, y el plan de operación y mantenimiento, relativo al mantenimiento de equipos y obras civiles y la operación de los sistemas. En su conjunto, un plan de GPI deberá contemplar los aspectos de gestión y de información considerados relevantes para que las infraestructuras sean adecuadamente gestionadas.

El plan de intervenciones estructurales es el más organizado desde el punto de vista de la implementación del enfoque de la GPI en una organización porque, teniendo en cuenta el total de la organización y el conjunto de la infraestructura, define directrices concretas de actuación para el medio plazo, condicionando, entre otras, las tácticas no estructurales (operación y mantenimiento).

### A.3.3. PROCESO DE ELABORACIÓN DE UN PLAN TÁCTICO

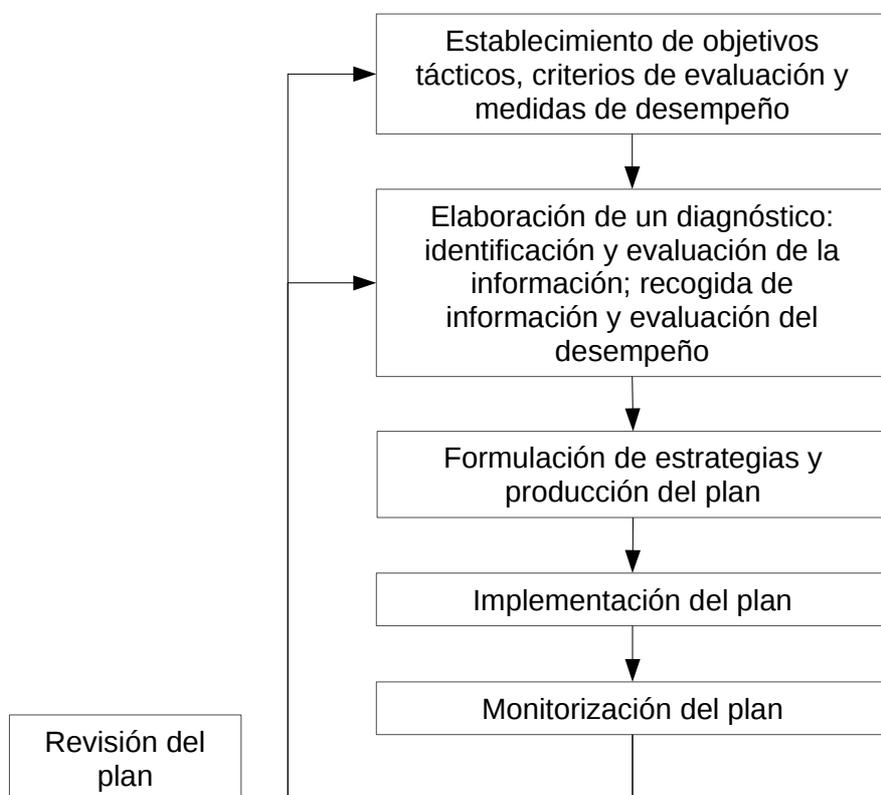
Tal y como ocurre en el plan estratégico, es indispensable que el proceso de elaboración de un plan táctico sea desarrollado por un equipo multidisciplinar, responsable no sólo de su elaboración sino también de implicar a toda la organización en su desarrollo.

Deberá definirse claramente a qué infraestructura se refiere el plan, la delimitación del área servida y el horizonte temporal del planeamiento, que deberá ser de entre tres y cinco años. El ámbito geográfico podrá ser más limitado que el del plan estratégico. Es decir, en organizaciones más complejas puede haber más de un plan táctico de GPI de modo que cubra todas las áreas servidas.

La elaboración de un plan táctico de GPI puede ser sistematizada en las fases representadas en la Figura A-2. Estas fases con explicadas individualmente las secciones sucesivas.

Esta metodología pretende ser lo más completa posible, lo que conduce a una cierta complejidad aparente. Sin embargo, es importante tener siempre presentes los principios generales, incluso de manera informal, si se opta por simplificar los procedimientos presentados. Esta simplificación es necesaria siempre que no existan datos necesarios para su aplicación o en el caso de pequeñas y medianas empresas, que cuentan con recursos humanos y tecnológicos limitados.

*Figura A-2. Fases del proceso de elaboración de un plan táctico.*



A pesar de que las intervenciones estructurales engloban obras de expansión y obras de rehabilitación, a nivel de la rehabilitación hay más dudas sobre el establecimiento de prioridades y comparación de alternativas, dado que las expansiones son obras de carácter imperativo, condicionadas por factores de desarrollo externo. Por eso, la metodología presentada en este capítulo se centra en la rehabilitación.

*Tabla A-6. Relación entre criterios de evaluación a nivel estratégico y objetivos tácticos, en el contexto de la GPI.*

<b>Criterios de evaluación a nivel estratégico</b>	<b>Objetivos tácticos</b>
Adecuación de la cantidad de agua	Garantizar una cantidad adecuada de agua en los puntos de consumo en situaciones normales y de emergencia.
Evaluación del cumplimiento de los requisitos de presión	Garantizar el cumplimiento de los requisitos de presión en todos los puntos de consumo.
Evaluación del cumplimiento de las normas en materia de salud pública y de calidad del agua para consumo humano	Garantizar el cumplimiento en materia de salud pública y de calidad del agua.
Ocurrencia de fallos de abastecimiento (continuidad e interrupciones del servicio)	Garantizar el cumplimiento de los requisitos regulatorios relativos a fallos de abastecimiento.
Sostenibilidad e integridad estructural	Asegurar la sostenibilidad y la integridad estructural
Sostenibilidad económico-financiera de la entidad gestora	Asegurar la sostenibilidad económico-financiera de la entidad gestora
Uso eficiente del agua	Promover el uso eficiente del agua
Uso eficiente de la energía	Promover el uso eficiente de la energía
Eficiencia de utilización de recursos humanos, tecnológicos y materiales	Promover el uso eficiente de los recursos humanos, tecnológicos y materiales

### **A.3.4. OBJETIVOS TÁCTICOS**

Basándose en los objetivos estratégicos, deberán definirse los objetivos tácticos concretos que la organización pretenda alcanzar. Más allá de que los objetivos tácticos estén debidamente alineados con los objetivos estratégicos, deberán ser también pragmáticos y compatibles entre sí. Deberán ser también medibles de modo que la organización pueda monitorizar el progreso conseguido y, en caso de ser necesario, introducir las modificaciones adecuadas.

Si se ha seguido el procedimiento recomendado a nivel estratégico, donde los criterios ya se corresponden con una discretización de los aspectos claves de los objetivos estratégicos a considerar, una posible formulación de los objetivos tácticos es la asociación directa de cada uno de los criterios de evaluación establecidos a nivel estratégico (Tabla A-6). De esta forma se simplifica el proceso de acoplamiento entre los distintos niveles de planificación. Por la misma

razón se sugiere que, en el nivel táctico, las medidas de evaluación de desempeño sean las mismas que a nivel estratégico, complementándolas con otras que puedan resultar relevantes.

Tabla A-7. Ejemplo de medidas de desempeño para el objetivo táctico “Garantizar el cumplimiento en materia de salud pública y de calidad del agua”.

<b>Adecuación de las características organolépticas del agua</b>	
<b>Análisis organolépticos realizados (%)</b> Número de análisis organolépticos realizados en el agua tratada durante el periodo de referencia / número de análisis organolépticos requeridos por la legislación vigente x 100	CT1
<b>Calidad organoléptica (%)</b> Número de análisis organolépticos cuyos resultados estén en conformidad con la legislación vigente / número de análisis organolépticos realizados durante el periodo de referencia x 100	CT2
<b>Adecuación de las características microbiológicas del agua</b>	
<b>Análisis microbiológicos realizados (%)</b> Número de análisis microbiológicos realizados en el agua tratada durante el periodo de referencia / número de análisis microbiológicos requeridos por la legislación vigente x 100	CT3
<b>Calidad microbiológica (%)</b> Número de análisis microbiológicos realizados cuyos resultados estén en conformidad con la legislación vigente / número de análisis realizados durante el periodo de referencia x 100	CT4
<b>Adecuación de las características físico-químicas del agua</b>	
<b>Análisis físico-químico realizados (%)</b> Número de análisis físico-químicos realizados en el agua tratada durante el periodo de referencia / número de análisis físico-químicos requeridos por la legislación vigente x 100	CT5
<b>Calidad físico-química (%)</b> Número de análisis físico-químicos realizados cuyos resultados estén en conformidad con la legislación vigente / número de análisis realizados durante el periodo de referencia x 100	CT6

### A.3.5. CRITERIOS, MEDIDAS Y METAS

Tomando como ejemplo, en esta ocasión, el objetivo táctico de “Garantizar el cumplimiento en materia de salud pública y de calidad del agua”, es posible definir tres criterios fundamentales (ver:

- Adecuación de las características organolépticas del agua
- Adecuación de las características microbiológicas del agua
- Adecuación de las características físico-químicas del agua

Las medidas de desempeño a adoptar deberán ser las mismas que se hubieren seleccionado a nivel estratégico, aunque en ocasiones más desagregadas (ver Tabla A-7). Estas medidas deberán ser calculadas de modo pormenorizado, por sector o subsistema, de modo que permita identificar los sectores con prioridades de intervención más elevada.

De forma análoga al nivel estratégico, una vez definidas las medidas de desempeño, el plan táctico deberá establecer metas, en este caso a medio plazo. Estas metas deberán ser coherentes con las definidas a nivel estratégico. Pueden admitirse puntualmente metas más permisivas o exigentes para subsistemas individuales, siempre que se garantice el cumplimiento de las metas globales de toda la organización.

Por ejemplo, la rotura de una conducción afecta directamente a los consumidores, afecta a la entidad gestora en términos de coste de operación y mantenimiento y afecta a terceros en términos de inundaciones, perturbaciones del tráfico y de accesibilidad. Las áreas de análisis donde las intervenciones estén condicionadas por las molestias causadas a terceros u otras áreas con consumidores críticos (p.ej. hospitales, escuelas, instituciones gubernamentales) son más afectadas por la ocurrencia de roturas que otras. De este modo, el nivel de riesgo de rotura asumible puede ser diferente entre las áreas de análisis, lo que se deberá traducir en el establecimiento de metas diferenciadas en las áreas donde las consecuencias sean más graves.

Definidas las medidas y las metas de desempeño, la fase siguiente del planeamiento táctico consiste en la elaboración del diagnóstico.

### **A.3.6. IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA INFORMACIÓN NECESARIA Y DISPONIBLE**

La identificación y evaluación de la información constituye la primera fase del diagnóstico. Esta fase incluye la evaluación de la disponibilidad de datos para la caracterización del sistema, a un nivel más pormenorizado que el exigido a nivel estratégico, para la identificación de anomalías del estado actual y para la previsión de la evolución a medio y largo plazo de las solicitudes del servicio y la degradación por envejecimiento de los componentes. La información deberá ser la necesaria y suficiente para servir de soporte a la evaluación del desempeño del sistema en el horizonte de análisis objeto de estudio y para fundamentar las tácticas a implementar. Deberá permitir:

- evaluar el grado de cumplimiento de los objetivos estratégicos y tácticos basándose en las medidas de desempeño y las metas definidas para la totalidad del sistema;

- caracterizar el estado actual de las infraestructuras existentes, incluyendo el inventario actualizado, y la evaluación del estado funcional y de conservación de las infraestructuras;
- evaluar el índice de valor de la infraestructura (que viene dado por la razón entre el valor actual de la infraestructura y el valor de una estructura equivalente nueva);
- identificar los componentes más críticos del sistema para garantizar el desempeño y establecer medidas mitigadoras del riesgo;
- estimar las solicitudes del servicio en el horizonte temporal del plan y a largo plazo, incluyendo la previsión de evolución demográfica;
- evaluar el desempeño funcional del sistema para las solicitudes previstas;
- identificar los subsistemas o componentes que requieren una intervención prioritaria en términos de rehabilitación, basándose en la evaluación del grado de cumplimiento de los objetivos tácticos (definidos a nivel sectorial, para la situación de partida, para el horizonte del plan y a largo plazo).

En este contexto, la identificación y evaluación de información comprende:

- identificación de la información necesaria;
- identificación y localización de los datos existentes y su respectiva evaluación;
- identificación de lagunas de información;
- establecimiento de procedimientos para la recogida de datos existentes y datos no disponibles.

## **TIPOS DE INFORMACIÓN**

Los principales tipos de información son:

- características físicas de los componentes (inventario);
- información operacional sobre fallos y reparaciones;
- información operacional relativa a inspecciones e intervenciones de mantenimiento preventivas;
- información operacional relativa al modo de funcionamiento del sistema;
- información sobre demandas de agua;
- datos de contabilidad;

Tabla A-8. Datos del inventario relevantes en el ámbito de la GPI.

<b>Componente</b>	<b>Información mínima</b>	<b>Información complementaria</b>
Conducciones	Localización Longitud Diámetro Material	Fecha de entrada en servicio Altura piezométrica mínima satisfacer en los puntos notables Tipo de junta Calidad de construcción Fecha y tipo de intervenciones de rehabilitación
Ramales	Localización	Longitud Diámetro Material Fecha de entrada en servicio Calidad de construcción
Depósitos	Localización Capacidad Número de compartimentos Cota de solera	Geometría Material Fecha de entrada en servicio Calidad de construcción
Estaciones de bombeo	Localización Número de grupos electrobomba Potencia por grupo Tipo de grupo Caudal nominal y altura Origen y destino del agua	Fecha de entrada en servicio Marca/modelo Fecha y tipo de intervenciones de rehabilitación
Elementos de maniobra y control	Tipo (PRV, PSV, etc.) Localización Diámetro nominal	Fecha de puesta en servicio Subtipo/marca/modelo Principio de funcionamiento Presión/caudal de regulación
Equipos de monitorización	Tipo Localización Diámetro	Fecha de instalación Subtipo/marca/modelo Parámetros medidos Sistema de adquisición y transmisión de datos Medición (permanente o temporal)

## INVENTARIO

Los principales datos de inventario necesarios, ordenados por tipo de componente, son los que aparecen en la Tabla A-8. Cada componente tiene, por un lado, una información considerada crítica o indispensable en el ámbito de la GPI y, por otro, una información complementaria relevante que es conveniente que también esté disponible. En ausencia de esta información, su recogida deberá ser prioritaria.

Si no se dispone de la información crítica, sólo es posible elaborar planes tácticos de GPI simplificados, quedando el plan restringido a los componentes críticos del sistema, para los cuales sí es habitual disponer de datos. Estos planes simplificados estarán sujetos a revisión una vez

que dicha información esté disponible. La información complementaria es también necesaria para que las herramientas de evaluación y de previsión puedan ser utilizadas.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, el inicio del proceso de elaboración de un plan de GPI puede recorrerse en paralelo con la implementación de procedimientos de recogida de datos. En el caso de sustitución de componentes, el inventario deberá conservar la información sobre los elementos sustituidos, indicando claramente que ya no se encuentran en servicio. Esta información es necesaria, por ejemplo, para justificar el cálculo de la vida útil.

*Tabla A-9. Información operacional relevante en el ámbito de la GPI.*

<b>Componente</b>	<b>Información deseable</b>
Conducciones	Localización, fecha y tipo de fallos Intervenciones de reparación y de rehabilitación puntual Estado de conservación Reclamaciones de servicio (localización, fecha y tipo)
Ramales	Fecha y tipo de fallos Estado de conservación
Estaciones de bombeo	Fecha y tipo de fallos Intervenciones de mantenimiento Estado de conservación
Elementos de maniobra y control	Fecha y tipo de fallos Intervenciones de mantenimiento Estado de conservación
Equipos de monitorización	Fecha y tipo de fallos Intervenciones de mantenimiento

La recogida de información complementaria deberá separarse en fases, de acuerdo con los medios que sea posible movilizar. Las pequeñas y medianas empresas tienen casi siempre limitaciones a los recursos disponibles que les impiden alcanzar con rapidez un estado de conocimiento ideal. En estos casos, se recomienda que se comience por recoger información de tipo cualitativa.

## **INFORMACIÓN OPERACIONAL SOBRE LA INFRAESTRUCTURA**

El planeamiento de intervenciones estructurales se beneficia de la información operacional sobre el estado actual de conservación y desempeño de la infraestructura. La Tabla A-9 resume la información operacional deseable, desglosada por tipo de componente.

Esta información es más fácil de obtener para los componentes no enterrados. La ejecución sistemática de inspecciones de las conducciones de aducción y distribución no es una práctica corriente a efectos de la evaluación del estado de conservación. Por ello, pueden utilizarse las intervenciones de reparación para recoger este tipo de información, de modo normalizado y

basándose en procedimientos predefinidos. El registro deberá contar, por tanto, con datos de observación.

El registro de fallos en componentes del sistema merece una atención particular. No se deberá limitar al registro de roturas de conducciones y ramales, sino que deberá incluir otros tipos de fallos del servicio considerados relevantes (p.ej. falta de presión o problemas de calidad del agua).

La información relativa a las intervenciones de mantenimiento preventiva, que incluye acciones de inspección y de mantenimiento, es también muy relevante a efectos de la GPI, en particular de la rehabilitación. Lo que interesa guardar son los principales tipos de intervención efectuados (p.ej. mantenimiento de grupos de bombeo, mantenimiento de válvulas y otros elementos de control, inspección y mantenimiento de depósitos) y el registro de su ejecución (incluyendo identificación del componente, fecha de intervención, anomalías observadas y acción realizada).

De la misma forma que en la recogida de información del inventario, la recogida de información operacional deberá dividirse en fases, de acuerdo con los medios que sea posible movilizar. También en este caso puede ser adecuado empezar recogiendo información de tipo cualitativa.

## **INFORMACIÓN OPERACIONAL SOBRE EL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA**

La información operacional relativa al funcionamiento del sistema es igualmente importante para la elaboración de planes de GPI. Esta información incluye:

- las reglas de funcionamiento de los diversos elementos de control existentes (p.ej. la bomba X arranca cuando el nivel en el embalse Y es inferior a Z m; la válvula reductora de presión PRV1 regulada para una presión de 15 mca);
- el registro del estado de los principales equipamientos (p.ej. grupos electrobomba, válvulas de control);
- el registro de los principales parámetros hidráulicos y de calidad del agua (p.ej. caudal, presión, niveles de agua en embalses, valores paramétricos de calidad del agua).

Esta información se destina a permitir la comprensión y funcionamiento hidráulico del sistema existente y para evaluar las alternativas de intervención (de operación, de mantenimiento o de rehabilitación) a través de la modelación matemática. Estos datos son esenciales para construir y calibrar los modelos de simulación. En caso de no ser viable elaborar modelos de simulación, los registros de caudal y de presión pueden permitir evaluar directamente, de modo cualitativo, los principales flujos de agua del sistema.

La recogida y el tratamiento estadístico de los registros de caudal son fundamentales para el cálculo de algunos de los componentes del balance hídrico, el análisis de caudales mínimos

nocturnos para la evaluación de las pérdidas reales, la producción de series temporales de caudales medios diarios y la producción de series temporales de caudales medios para tiempos más cortos (horaria o inferior) destinadas a la elaboración y tipificación de patrones de consumo diarios.

La frecuencia de adquisición de caudales dependerá del objetivo del análisis. Para la elaboración de los balances hídricos la escala de cálculo es anual, por lo que es suficiente disponer de volúmenes anuales. Para el análisis de caudales mínimos nocturnos es necesario disponer de registros con intervalos del orden de minutos (1 a 15 minutos). Para el análisis de tendencias estacionales es necesario conocer, como mínimo, registros diarios durante un periodo suficientemente alargado para ser representativo de las solicitaciones del sistema. Si se pretende construir patrones de consumos diarios es conveniente tener a disposición registros de caudal con intervalos máximos de 15 minutos. Esta información es fácilmente disponible cuando existen sistemas de telemetría.

Las entidades gestoras tienen, en general, información fiable sobre la calidad del agua distribuida proveniente, de entre otros, de los análisis efectuados en el ámbito de los planes de control de la calidad del agua. Sin embargo, todavía no es común que esta información esté organizada de modo que pueda ser fácilmente integrada en la información de inventario y con la restante información operacional.

Es deseable modificar esta circunstancia, dado que la interpretación simultánea de los incumplimientos relativos a la calidad del agua con la información de inventario y operacional, permite establecer diagnósticos más sólidos, con mayor rapidez y fiabilidad, usando instrumentos de soporte de decisión. Se destaca la información relativa a la ocurrencia de fallos u otras intervenciones, las características físicas y topológicas de la infraestructura, el estado de conservación y los resultados de la modelación matemática (p.ej. velocidades, tiempos de ruta, origen del agua que pasa por cada punto).

## **INFORMACIÓN SOBRE CONSUMOS**

Dado que la satisfacción de los clientes, en términos de consumo de agua, es uno de los objetivos principales de las infraestructuras de abastecimiento de agua, resulta evidente la importancia de conocer en detalle las necesidades de consumo de los usuarios. Las principales fuentes de información son:

- la base de datos de clientes;

- registro de los volúmenes de agua suministrados a los sistemas de aducción y distribución (p.ej. captada o adquirida a otra empresa) o exportada a otros sistemas (p.ej. vendida a un municipio vecino);
- flujos medidos en las redes (p.ej. en la entrada de zonas de medición y control, caudales registrados por sistemas telemáticos);
- previsiones de evolución en planes de desarrollo, que permitan anticipar solicitudes de consumo futuras.

*Tabla A-10. Principales datos del sistema de información de clientes relevantes en el ámbito de la GPI.*

<b>Tipo de dato</b>	<b>Dato</b>	<b>Observación</b>
Características del punto de consumo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Código del punto de consumo</li> <li>• Código del ramal</li> <li>• Tipo y calibre de contador</li> <li>• Dato de instalación</li> <li>• Categoría de consumidor</li> </ul>	El código del punto de consumo es un código alfanumérico único asignado a cada punto de consumo. Una solución habitual es utilizar un código compuesto por distintos códigos (áreas, distritos, etc.).
Datos de facturación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consumos facturados</li> <li>• Consumos medidos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incluye volumen y periodo al que se refiere la facturación.</li> <li>• Incluye el volumen y fecha de lectura.</li> </ul>

De estas fuentes de información, la que tradicionalmente ha sido menos utilizada es la base de datos de clientes existente en la organización. Sin embargo, la debida exploración de esta información es indispensable en el contexto de la GPI porque permite conocer la distribución espacial de consumos. En general, estas bases de datos contienen la identificación de los clientes, datos geográficos, datos de lectura y datos de facturación.

Conocer la distribución de consumos de agua en la red requiere del estudio conjunto de la información del inventario y de la base de datos de clientes. Para ello, es indispensable que exista un código asociado a la localización del consumo que sea común en los dos sistemas de información. Una solución que está siendo adoptada en muchas entidades es la utilización de un código de ramal. La distribución de consumos en la red es esencial para la simulación hidráulica del comportamiento del sistema y para la evaluación de desempeño de la situación actual y escenarios de desarrollo futuros.

La información de consumos disponible deberá ser analizada para evaluar las pérdidas de agua existentes y caracterizar los consumos medios por categoría de cliente y las tendencias de evolución, así como la importancia relativa de cada categoría en el consumo global del sistema.

Tabla A-11. Principales datos contables relevantes en el ámbito de la GPI.

Tipo de dato	Dato	En consonancia con el sistema de información...
Inversión	Identificación Tipo de componente Coste histórico (coste de adquisición) Fecha	Inventario (GIS)
Intervenciones de mantenimiento correctivo	Identificación de la intervención Tipo de intervención Coste Fecha	Inventario (GIS) Registro de ocurrencia de fallos
Intervenciones de mantenimiento preventivo	Identificación de la intervención Tipo de intervención Coste Fecha	Inventario (GIS) Sistema de información de mantenimiento
Intervenciones de rehabilitación	Identificación de la intervención Tipo de intervención Coste Fecha	Inventario (GIS)

Los planes de desarrollo (p.ej. planes directores municipales) permiten establecer escenarios futuros de necesidades de consumo, fundamentales para prever el desempeño hidráulico de los sistemas a medio y largo plazo. Particularmente importantes son la previsión demográfica y la evaluación del crecimiento de necesidades de aguas relativas a los servicios y a las industrias en desarrollo. La información a recoger deberá incluir la localización cuanto más exacta posible de las alteraciones previstas, no siendo suficiente disponer de previsiones globales por distrito o área.

## INFORMACIÓN CONTABLE

La comparación económica entre alternativas, de forma que se permita incluir en el planeamiento los costes del ciclo de vida de los componentes, requiere que se disponga de información sobre los costes principales en cuestión. En particular, sería deseable disponer, para cada componente objeto de análisis, los datos especificados en la Tabla A-11.

Cuando se interviene en el sistema (p.ej. construcción de nuevos componentes, rehabilitación de componentes existentes, intervenciones de mantenimiento correctivas, intervenciones de mantenimiento preventiva), es frecuente que exista información dividida por partidas de coste (p.ej. materiales, mano de obra, consumibles) que no está registrada en el sistema contable. Alguna de esta información puede ser útil para evaluar costes unitarios por tipo de intervención. Deberá haber una coordinación entre el gestor de infraestructuras y el departamento de

contabilidad para compatibilizar el registro de esta información entre ambas áreas de modo que su utilización sea posible en el proceso de planeamiento.

Los análisis comparativos de alternativas en el marco de la GPI requieren también información contable de índole general, tales como las tasas de actualización o periodos de amortización.

*Tabla A-12. Ejemplos de unidades elementales.*

<b>Componente</b>	<b>Ejemplos de unidades elementales</b>
Conducción	Tramo de conducción entre nudos (p.ej. tramos de material y diámetro uniforme y sin intersecciones con otras conducciones de la red pública).
	Tramo de conducción uniforme en términos de material y de diámetro (p.ej. puede contener puntos de intersección con otras conducciones de la red pública).
	Tramos de conducción con un mismo material, fecha de construcción y condiciones de instalación (p.ej. ejecutadas en la misma obra, pudiendo tener diámetros diferentes entre sí).
Depósitos	Depósito global (p.ej. incluyendo todos los componentes de la obra y los equipos complementarios).
	Diferentes unidades elementales: compartimentos, elementos de maniobra y control, etc.
Estaciones de bombeo	Estación de bombeo global (p.ej. incluyendo los componentes de la obra y los equipos complementarios).
	Diferentes unidades elementales: grupo electrobomba, elementos de unión entre grupos, elementos de maniobra y control, etc.
	Ídem al anterior, pero con desagregación por grupo electro bomba en: tipo de motor y tipo de bomba.

### **A.3.7. NIVEL DE DESAGREGACIÓN DE LA INFORMACIÓN**

No es posible dar una recomendación universal sobre el grado de desagregación a adoptar en la información de inventario, operacional y contable. Se deberá procurar tener una unidad elemental común, relativa a cual será posible obtener información sobre las características físicas, las intervenciones realizadas, la ocurrencia de fallos y los costes de inversión, de mantenimiento y de rehabilitación. La decisión deberá ser tomada caso a caso, procurando alcanzar un equilibrio entre los costes asociados a la recogida y mantenimiento de información actualizada y los beneficios correspondientes.

Cuando la organización disponga de información contable pormenorizada a nivel de conducciones o archivo histórico de fallos y reparaciones, será también necesario compatibilizar los diferentes sistemas de información. La elección de la unidad elemental a adoptar a efectos de la GPI puede

ser influencia por esta necesidad de compatibilización. La Tabla A-12 presenta algunos ejemplos de desagregación según el tipo de componente.

La opción a tomar deberá ser fruto de un análisis, caso a caso, de esta ventajas e inconvenientes, atendiendo no sólo a la capacidad de recoger, procesar y mantener la información actualizada, pero también al uso que se le vaya a dar y de las respectivas herramientas de apoyo (p.ej. modelación, evaluación y previsión).

*Tabla A-13. Ventajas e inconvenientes de diferentes niveles de desagregación.*

<b>Nivel de desagregación</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Inconvenientes</b>
Elevado	Mayor disponibilidad de información. Posibilidad de identificar de manera más pormenorizada las partes a rehabilitar. Más riqueza de información relativa a aspectos particulares del comportamiento o del estado de conservación (p.ej. la agregación de información no permite identificar la causa de los fallos).	Mayor consumo de recursos humanos, tecnológicos y financieros, dado el mayor número de datos a recoger, a procesar, a mantener y a utilizar en las herramientas de análisis. Puede haber tipos de información esenciales para la toma de decisiones para los cuales no existen datos desagregados a nivel de la unidad elemental elegida. Dificultad de interpretación de los datos y de los resultados del análisis por excesivo volumen de información
Bajo	Mayor facilidad de almacenamiento y compilación de la información.	Mayor dificultad de evaluar las necesidades de rehabilitación de las partes de cada componente. Mayor dificultad de registrar averías por partes de cada componente.

### **A.3.8. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LA INFORMACIÓN**

Durante el proceso de recogida de información para la toma de decisiones es necesario, para cada grupo de datos recogidos, clasificarlos según su fiabilidad y exactitud. La fiabilidad se traduce en el grado de confianza de la información recogida, estando típicamente asociada al origen y forma de recogida de información. La exactitud o error es la aproximación entre el valor del dato recogido y el valor verdadero.

Las bandas de confianza, combinando las dos vertientes de fiabilidad y la exactitud de los datos, pueden constituir una base para las entidades gestoras para validar la información, en particular en el ámbito de procesos de auditoría. Los sistemas de indicadores de desempeño de la

*International Water Association (IWA)* presentan recomendaciones para el establecimiento de las referidas bandas de confianza. La fiabilidad puede ser clasificada en las categorías y la exactitud en las clases que constan en la Tabla A-14 y Tabla A-15, respectivamente.

El proceso de recogida de datos deberá ser mejorado siempre que los datos obtenidos no presenten grados de fiabilidad o exactitud satisfactorios. Son aceptables simplificaciones en los procedimientos de recogida de datos siempre que no reduzcan de forma significativa la fiabilidad y exactitud de la información.

Por ejemplo, cuando se evalúa la capacidad total de bombeo del sistema, la potencia de las pequeñas bombas puede ser despreciada si su influencia en el grado de confianza es despreciable.

*Tabla A-14. Bandas de fiabilidad de la fuente de información.*

<b>Banda de fiabilidad</b>	<b>Concepto asociado</b>
*	Datos basados en estimaciones o extrapolaciones a partir de una muestra limitada.
**	Igual que el anterior, pero sin defectos significativos en los datos, como que falte parte de la documentación, los cálculos sean viejos o se hayan realizado con registros no confirmados, o se hayan incluido algunos datos de la extrapolación.
***	Datos basados en mediciones exhaustivas, registros fidedignos, procedimientos, investigaciones o análisis adecuadamente documentados y reconocidos como el mejor método de cálculo.

Otro aspecto importante de la evaluación de la calidad de la información se corresponde con la identificación de las lagunas de información y la razón de que las mismas existan. Por ejemplo, pueden no existir en el inventario datos como la fecha de puesta en servicio o datos del tipo de intervenciones de rehabilitación, entre otros. El inventario puede no incluir esos campos por no haberse reconocido la necesidad de recoger esta información o porque el sistema informático del inventario es relativamente reciente y sólo se dispone de datos referentes a los últimos años. Otro ejemplo sería la inexistencia de datos operacionales sobre roturas o averías de los componentes, por no existir órdenes a nivel superior para la recogida de esta información.

Tabla A-15. Bandas de exactitud de los datos.

Banda de exactitud	Error asociado a un dato previsto
0-5%	Mejor o igual a $\pm 5\%$
5-20%	Peor que $\pm 5\%$ , pero mejor que o igual a $\pm 20\%$
20-50%	Peor que $\pm 20\%$ , pero mejor que o igual a $\pm 50\%$
> 50%	Peor que $\pm 50\%$

En este contexto, la identificación de las lagunas de información y de sus respectivas causas permite elaborar recomendaciones a la entidad gestora para la recogida de información a corto o medio plazo.

### A.3.9. RECOMENDACIONES PARA LA MEJORA DE LA CALIDAD DE LA INFORMACIÓN

Las etapas anteriores del plan, relativas a la identificación y evaluación de información, permiten identificar:

- la información existente y que es fácilmente disponible (p.ej. bases de datos informatizadas);
- la información que falta (existente pero no fácilmente accesible o inexistente) y que es viable recoger en paralelo, a tiempo de ser utilizada en la elaboración del plan;
- la información que falta que debe comenzarse a recoger y archivar de forma sistemática y estructurada, para ser usada en el futuro en la elaboración de los planes revisados de la GPI.

Después de la recogida y evaluación de información, que va a servir de base para la elaboración del plan, se está en condiciones de identificar las principales debilidades de la estructura de información existente y de elaborar recomendaciones. Las recomendaciones deberán especificar la forma de proceder en la recogida, archivo y actualización de las necesidades de consulta.

Después de su recogida, la información deberá ser validada y archivada de modo que permita una fácil actualización y consulta. La definición e implementación de procedimientos de actualización es indispensable para garantizar su coherencia y utilidad práctica a largo plazo.

Estos datos dan origen a las series temporales históricas que deberán ser archivadas de forma que garanticen su fácil accesibilidad en el futuro, siempre que sea necesario. La recogida de datos puede tener un carácter sistemático (p.ej. datos de telemetría, datos de mantenimiento preventiva, partes de trabajo) o ser puntual, para un fin específico (p.ej. campaña de detección de fugas, medición de la presión en punto donde ocurren reclamaciones, recogidas de datos para la

calibración de modelos matemáticos y para estudios de investigación). Es importante que también esta información sea archivada de modo organizado e integrado en la estructura de información, de modo que esté disponible para usos posteriores.

## A.4. RECOGIDA DE INFORMACIÓN Y EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO PARA LA SITUACIÓN DE *STATUS QUO*

### A.4.1. DIFERENTES ETAPAS

Una vez identificada y evaluada la información necesaria y disponible para hacer el diagnóstico y caracterizadas las lagunas de información, se pasa a la evaluación del desempeño actual y futuro del sistema para la situación de *status quo* en términos de infraestructura. Esta fase comprende las siguientes fases:

- **Identificación de componentes críticos** para el abastecimiento de agua y **discretización** de todo el sistema en **áreas de análisis** (p.ej. subsistemas, sectores, grupos de componentes, etc.).
- **Evaluación de la situación de referencia** (evaluación del desempeño actual del sistema e identificación de los principales problemas existentes en cada área de análisis y componente crítico).
- **Previsión de la situación futura** de la alternativa de *status quo* (previsión del desempeño futuro teniendo en cuenta las nuevas solicitudes y degradación del estado de conservación de la infraestructura para el caso en que no se realicen intervenciones de rehabilitación y de que se mantengan las prácticas de mantenimiento actuales).
- **Identificación de las áreas de análisis y de los componentes críticos que son de intervención prioritaria**, teniendo en cuenta la evaluación del desempeño realizada en las dos etapas anteriores.

En las secciones siguientes se pasa a describir cada una de dichas etapas.

### A.4.2. COMPONENTES CRÍTICOS Y ÁREAS DE ANÁLISIS

Componentes críticos del sistema de aducción y distribución son aquellos que, cuando fallan, más condicionan el servicio de abastecimiento de agua. Incluyen los componentes que constituyen el sistema hidráulico principal y pueden incluir embalses, depósitos, estaciones de bombeo, conducciones de aducción y conducciones distribuidoras principales.

La discretización espacial a adoptar dependerá del layout del sistema de abastecimiento y de la forma en que se organiza el inventario y los restantes sistemas de información. Pueden definirse áreas de análisis basándose en el origen del agua, en los puntos de entrega, en los embalses, en las zonas de medición y control y en las zonas de gestión de presión. Muchas veces, en una primera fase, se comienza por una discretización espacial más amplia (p.ej. definida por el punto de entrada al sistema u origen) y evoluciona, en estadios más avanzados de implementación o en la revisión del plan, hacia una discretización más pormenorizada.

### **A.4.3. EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN DE REFERENCIA**

La evaluación de la situación de referencia consiste en el análisis de desempeño actual del sistema de abastecimiento y en la identificación de los principales problemas existentes. El desempeño deberá ser evaluado tanto para los componentes críticos como para cada una de las áreas de análisis, de modo que permita la identificación de las áreas y de los componentes críticos más problemáticos.

Para ello, se procede a la evaluación del estado de conservación y funcional de los componentes críticos y al cálculo de las medidas de desempeño establecidas a nivel táctico para cada subsistema.

#### **COMPONENTES CRÍTICOS**

Se deberá hacer una evaluación del sistema hidráulico principal, en su totalidad, y de cada uno de los componentes críticos identificados. Si la información es incompleta o poco fiable, la evaluación se basará en el conocimiento y experiencia de los técnicos involucrados. De forma paralela deberán prepararse procedimientos y mecanismos para la recogida de información que falte.

Si la información es de buena calidad y más completa, la evaluación puede contemplar también otros aspectos relacionados. Por ejemplo, la operación y mantenimiento del sistema (p.ej. facilidad y rapidez de reparación, obsolescencia del equipamiento, flexibilización de los modos de operación).

Se destaca el uso de:

- modelación matemática, fundamental para comprender el funcionamiento hidráulico del sistema;
- análisis de evaluación de desempeño, incluyendo el cálculo de indicadores de desempeño y de los índices de desempeño técnico;
- análisis de fiabilidad y de riesgo.

De esta etapa deberá resultar la identificación de los principales problemas a resolver a nivel del sistema hidráulico principal y de cada uno de los componentes críticos, clasificados por niveles de prioridad de actuación.

## **ÁREAS DE ANÁLISIS**

La evaluación del desempeño de las áreas de análisis, deberá comenzar por calcular las medidas de desempeño que hubieren sido seleccionadas. En caso de que no exista información suficiente para el cálculo de algunas de estas medidas, se deberá proceder a una apreciación cualitativa de las mismas cara a las metas establecidas, clasificando el desempeño en, por ejemplo, bueno, normal o insuficiente.

De forma similar al nivel estratégico, las medidas de desempeño calculadas deberán ser comparadas con las metas definidas a nivel táctico para cada área de análisis y para la totalidad del sistema. Como ya se ha dicho anteriormente, algunas metas pueden ser más permisivas u exigentes para algunos subsistemas individuales, siempre que se garantice el cumplimiento de las metas globales de toda la organización.

La evaluación de las áreas de análisis deberá incluir también la identificación de zonas con problemas localizados que no se reflejen en los valores de las medidas de desempeño. Estos problemas pueden estar asociados a la ocurrencia de un elevado número de roturas, a pérdidas de agua elevadas, a problemas de falta de presión, a un elevado número de reclamaciones o a problemas de calidad de agua.

Por ejemplo, en el caso de una zona nueva, donde puedan existir algunas conducciones antiguas y muy degradadas, con roturas frecuentes. El indicador de averías global para la zona da como resultado un buen desempeño. Sin embargo, la intervención en estas conducciones más antiguas puede ser prioritaria y deberá por tanto ser identificada en esta fase y expresamente incluida en el análisis de soluciones alternativas de intervención y en la formulación de tácticas.

Los resultados de evaluación de desempeño para la situación de referencia permiten identificar los componentes críticos y las áreas de análisis con mayor necesidad de intervención. Por otro lado, permite identificar la naturaleza de los problemas existentes basándose en las metas de desempeño que no se han cumplido, bien a nivel sectorial o a nivel de la totalidad del sistema, y que deberán ser tenidos en consideración en la formulación de las tácticas.

### **A.4.4. PREVISIÓN DE LA SITUACIÓN FUTURA DEL STATUS QUO**

Una vez evaluada la situación de referencia, se deberá proceder a la previsión del desempeño futuro con las nuevas solicitudes de consumo, exigencias regulatorias y la degradación natural

de la infraestructura. Esta previsión es efectuada para una situación hipotética en la que se mantienen las prácticas de mantenimiento actuales y no se invierte en rehabilitación. A esta situación se la conoce habitualmente como la situación de *status quo*. Este análisis es importante dado que permite prever situaciones futuras de mal desempeño que no se perciben en la situación de referencia.

Puede ser adecuado analizar más de un escenario de desarrollo urbanístico o de degradación de la infraestructura (p.ej. cuando exista una incertidumbre significativa respecto a estos factores) de modo que se evalúe la resiliencia del sistema existente (p.ej. la capacidad del sistema de continuar cumpliendo adecuadamente sus funciones para condiciones diferentes de las de proyecto).

Este análisis deberá ser efectuado para las mismas unidades que la anterior (p.ej. para los mismos componentes críticos y para las mismas áreas de análisis), además de otros componentes que no se integran en el sistema hidráulico principal en la situación de referencia pero que se prevé pasen a ser críticos en el futuro (p.ej. conducción que pasa a abastecer una zona en expansión con consumos significativos).

Este análisis no deberá quedar restringido al horizonte del plan táctico. Es necesario tener una previsión a largo plazo de evolución del área de análisis y del correspondiente desempeño de las infraestructuras existentes. Por ejemplo, no se deberá sustituir una conducción existente por otra del mismo diámetro cuando se prevea que en un horizonte de 10 años esa conducción va a abastecer una nueva zona comercial para la cual su capacidad actual es insuficiente.

La evaluación de las solicitudes a considerar deberá ser coherente con la evolución considerada a nivel estratégico en la "Recogida y evaluación de la información relativa al contexto externo". Puede ser cuantificada atendiendo a previsiones de evolución de los consumidores contenidos en los planes de ordenación del territorio y de estudios demográficos existentes. La evolución de los consumos de los clientes se basará en el análisis del histórico de consumos de los últimos años, en las tendencias registradas y en las políticas de gestión que se prevean van a ser aplicadas.

La evolución de la degradación del estado de conservación de la infraestructura puede ser cuantificada por una vía más simplificada, que se traduzca en la adopción de leyes de crecimiento empíricas de fallos y de pérdidas de agua, o recurriendo a instrumentos de previsión más sofisticados, apoyados en técnicas estadísticas.

El estudio de la degradación del sistema se basa en los resultados de los estudios realizados en sistemas de características semejantes a las del sistema o en análisis estadísticos que describen el histórico de fallos. Los instrumentos de previsión de fallos pueden tener diferentes grados de

complejidad y de exigencia en términos de datos. Se dividen en dos grandes grupos: los que hacen una única previsión de comportamiento de los grupos de componentes y los que hacen una previsión de probabilidad de fallo de los componentes individuales, que requieren un histórico de datos más largos para todos los componentes siendo analizados.

Una vez establecidos los criterios futuros a evaluar, el proceder es similar al de la evaluación de la situación de referencia, considerando separadamente los componentes críticos y las áreas de análisis, calculando las medidas de desempeño de modo cuantitativo o cualitativo, en función de la calidad de la información disponible, y comparándolas con las metas tácticas establecidas. Se adivinan, además, desempeños futuros deficientes que deberán tenerse en cuenta en la redacción del plan.

Los resultados pueden ser presentados de forma similar a los de la situación de referencia para el horizonte del plan táctico o para el horizonte de largo plazo elegido.

#### **A.4.5. IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS DE ANÁLISIS Y COMPONENTES CRÍTICOS**

Las etapas anteriores identifican los componentes críticos y las áreas de análisis con prioridad de intervención más elevada desde el punto de vista técnico y las áreas que, presentando un desempeño global aceptable, tienen problemas localizados a resolver. Esta etapa sirve para analizar pormenorizadamente estas áreas.

El análisis pormenorizado deberá incidir fundamentalmente en los factores externos que afectan a la decisión de intervención y que no se han tenido en cuenta. Por ejemplo, la necesidad de compatibilización de las intervenciones de rehabilitación con obras de otras infraestructuras, de modo que se aproveche la oportunidad de rehabilitar los componentes del sistema en las zonas intervenidas. Nótese que la mayor parte de los factores externos se tienen en cuenta, de forma implícita, en la evaluación del desempeño y el establecimiento de metas. En este grupo entran, por ejemplo, los factores relacionados con necesidades de cumplimiento de obligaciones legales actuales y previsibles a medio plazo, la evolución demográfica y de los hábitos de consumo o el cumplimiento de la normativa técnica.

El análisis pormenorizado de la situación actual y futura del *status quo* deberá consistir en los siguientes pasos para cada una de las áreas seleccionadas:

- **Identificación del tipo de problema existente** en el área de análisis, basándose en los valores de los indicadores calculados en las etapas anteriores.

- **Establecimiento de un diagnóstico pormenorizado**, que engloba la identificación de la causa del problema y su localización más exacta dentro del área de análisis, basándose en la situación presente pero también en el resto del periodo de análisis considerado.

El diagnóstico pormenorizado puede ser efectuado recurriendo a diferentes instrumentos y tecnologías tales como:

- **Instrumentos y tecnologías de recogida de datos** que incluyen procedimientos de medición (caudal, presión, niveles, parámetros de calidad del agua, etc.) y de inspección (depósitos, válvulas, estaciones de bombeo, conducciones, etc.).
- **Instrumentos y tecnologías de almacenamiento, procesamiento y disponibilidad de datos**, que incluyen los sistemas de información tales como los GIS, sistemas de tele gestión, sistema de gestión de datos de laboratorio u otros sistemas más simples donde se haya guardado información menos estructurada.
- **Instrumentos y tecnologías de modelación**, que incluyen programas de simulación hidráulica y de calidad del agua (EPANET) y las técnicas a adoptar para la construcción y uso de modelos.
- **Instrumentos y tecnologías de análisis, evaluación y previsión**, que engloban áreas como el análisis de consumo, evaluación del desempeño, previsión de fallos, evaluación de pérdidas de agua y análisis coste-beneficio.
- **Instrumentos integrados de soporte de decisión**, donde se pueden incluir instrumentos que abarquen diferentes tipos de herramientas de apoyo al diagnóstico y metodologías y aplicación para la evaluación del riesgo.

#### A.4.6. IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN

##### DIFERENTES ETAPAS

Una vez efectuado el diagnóstico de la situación actual y futura del sistema para la situación de *status quo*, puede realizarse la identificación y análisis de alternativas de intervención. Esta fase comprende las siguientes etapas:

- **Identificación de las soluciones alternativas de intervención**, para los problemas y causas identificadas en cada área de análisis.
- **Previsión del desempeño futuro** para cada una de las alternativas identificadas.

- **Selección de la mejor solución para cada área de análisis**, teniendo en cuenta la relación entre riesgo, desempeño y riesgo para cada solución alternativa.
- **Establecimiento de prioridades de intervención**, en base a los resultados anteriores y los factores externos que no hayan sido contemplados.

Las secciones siguientes pasan a describir cada una de ellas detalladamente.

#### A.4.7. IDENTIFICACIÓN DE SOLUCIONES ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN

Esta etapa es, esencialmente, de concepción y predimensionamiento de soluciones alternativas. En muchas situaciones existe una única solución ingenieril para resolver el problema o problemas existentes (p.ej. sustitución de una tubería o conjunto de tuberías por otras de igual diámetros). Pueden existir muchas situaciones en que la solución no sea obvia ni única. Por ejemplo, la resolución de un problema específico de incumplimiento de presiones mínimas puede resolverse a través del aumento de la altura de bombeo o la modificación de la presión de regulación de la válvula reductora de presión. Es tarea del proyectista o técnico establecer alternativas viables, desde el punto de vista técnico y económico.

Así mismo, dependiendo del problema a resolver, las alternativas consideradas pueden ser exclusivamente estructurales, como las correspondientes a obras de rehabilitación, o pueden corresponderse a alteraciones del modo de operación y mantenimiento. A veces son una combinación unas y otras. Es muy importante que este enfoque esté siempre presente en el análisis, de modo que se procure seleccionar siempre las soluciones que, globalmente, tengan una mejor relación coste-beneficio, independientemente de su naturaleza.

Las alternativas que conllevan soluciones estructurales, deben tener también en cuenta la posibilidad de adopción de tecnologías diferentes, si a estas alternativas se corresponden costes, desempeños o riesgos muy diferentes. Cada solución deberá ser predimensionada de modo que permita evaluar el coste y una previsión del impacto que su implementación tendrá en el desempeño del área de análisis.

Los costes deberán incluir todos los componentes de coste del ciclo de vida. En obras más complejas, en los que la elección de la mejor solución no es evidente, podrá ser necesario efectuar estudios previos para la comparación de alternativas.

Es conveniente señalar que una solución de intervención puede resolver más de un problema en el área de análisis. Por ejemplo, la sustitución de conducciones metálicas antiguas, en mal estado de conservación, pueden resolver simultáneamente problemas de calidad de agua, de pérdidas

reales, de capacidad hidráulica, de interrupciones, de integridad y de sostenibilidad de la infraestructura.

#### **A.4.8. PREVISIÓN DE DESEMPEÑO FUTURO**

Para cada una de las soluciones identificadas es necesario evaluar su viabilidad técnica y económica. Para ello deberá realizarse un análisis a largo plazo, semejante al descrito en el análisis de desempeño futuro de la situación de *status quo*.

#### **A.4.9. SELECCIÓN DE LA MEJOR SOLUCIÓN PARA CADA ÁREA DE ANÁLISIS**

##### **PARADOJA COSTE-DESEMPEÑO-RIESGO**

La selección de la mejor solución para cada área de análisis deberá basarse en un análisis integrado de la relación entre coste, desempeño y riesgo de cada alternativa de intervención, para todo el periodo de análisis.

En general, existe un conflicto entre los objetivos de maximizar el desempeño, minimizar el riesgo y minimizar los costes. El equilibrio no es obvio y la decisión de seleccionar la solución que corresponda con la mejor solución recae sobre el decisor. Los niveles aceptables de resultados deberán ser definidos por el decisor en función de las exigencias externas (p.ej. contractuales, legales o regulatorias) e internas (p.ej. opciones de gestión).

##### **DESEMPEÑO**

En esta etapa es necesario integrar las medidas parciales de evaluación de desempeño, realizadas en apartados anteriores, en una medida única de desempeño global para cada uno de los años de cálculo y para cada alternativa de intervención. De aquí resulta una evolución temporal del desempeño para la alternativa de *status quo* y para cada una de las restantes.

Existen diversas técnicas de agregación, todas con ventajas e inconvenientes. La versión más simplificada desde el punto de vista matemático consiste en una apreciación global, cualitativa, hecha por el decisor basándose en sus propios conocimientos y experiencia.

Otra posibilidad muy utilizada consiste en atribuir pesos a cada medida asociada a un criterio dado, que permite la evaluación del desempeño para dicho criterio, y de pesos asignados a cada criterio, de forma que se permita evaluar el desempeño global a través de sumas ponderadas. También pueden usarse métodos e instrumentos de evaluación multicriterio más sofisticados, como por ejemplo el método ELECTRE, que se basa en la comparación de cada alternativa con respecto a una referencia, para cada criterio.

## RIESGO

La evaluación del riesgo se hace por combinación de las probabilidades asociadas a los principales riesgos (p.ej. rotura de una conducción, avería en las estaciones de bombeo, ocurrencia de problemas de calidad de agua por deficiencias estructurales) y sus respectivas consecuencias (p.ej. reparación, interrupción del servicio, daños a terceros). Deberá considerarse como riesgos principales del sistema todos los acontecimientos que ocurran fuera de lo previsto o programado y que potencialmente puedan causar daño.

Dicha evaluación puede realizarse cualitativamente, utilizando una matriz de riesgo de manera semicuantitativa o cuantitativa. Entre las técnicas cuantitativas se destaca la Business Risk Exposition (BRE), en la que cada valor de riesgo se expresa en unidades monetarias, que se suman para obtener el riesgo total asociado a cada alternativa. Estas unidades monetarias se pueden corresponder con costes tangibles, costes intangibles (por ejemplo, daño imagen resultante de trastornos causados a los consumidores) o costes externos (por ejemplo, costes medioambientales o trastornos causados a terceros).

## COSTE

El coste debe incluir inversiones, costes de operación y mantenimiento durante el período de análisis y costes de desmantelamiento al final de la vida útil de los componentes. El cálculo de estos costes debería aprovechar la información contable disponible, incluyendo costes unitarios de inversión, de operación y mantenimiento, tasas de actualización y amortizaciones.

Deberá incluir los **costes tangibles** para la entidad gestora previstos o programados que se sabe de partida que van a ser gastos, a pesar de que tengan un margen de incertidumbre asociado. Por ejemplo, en el caso del consumo energético, la previsión de consumo tiene inicialmente un error asociado derivado de la variabilidad de los consumos de agua. Además, los costes de energía también dependerán del período correspondiente de bombeo y del régimen tarifario, que puede cambiar durante el período de análisis de una forma no controlable por la entidad gestora. Sin embargo, el riesgo asociado a este tipo de situación es bajo por lo que, en general, tiene más sentido incorporarlo a la componente de coste que a la de riesgo.

Si fuera técnicamente viable con los medios disponibles, puede incluirse también otros costes tangibles para la entidad gestora (p.ej. pérdidas de agua, indemnizaciones por daños a terceros o por incumplimiento de niveles de servicio).

Los **costes intangibles** para la entidad gestora (p.ej. empeoramiento de las primas del seguro o costes de imagen) y los **costes externos** (p.ej. perturbaciones causadas a terceros sin compensación para la entidad gestora) también deberán tenerse en cuenta. Sin embargo, no es

conveniente sumarlos a los costes tangibles de la entidad gestora dado que la información pierde nivel de detalle y hace difícil la tarea de analizar la importancia relativa de cada componente. Es importante estructurar la información de modo que se pueda individualizar cada uno de los costes.

## **ANÁLISIS GLOBAL**

Una vez evaluadas las dimensiones de coste, desempeño y riesgo es necesario hacer una evaluación global de las alternativas que conduzca a la etapa de toma de decisiones. Para ello, puede recurrirse a distintos métodos.

Uno de ellos es suponer independientes los tres ejes de análisis y comparar las alternativas dos a dos. En realidad, es difícil asegurar que los tres ejes sean totalmente independientes. Por ejemplo, no es inmediato decidir dónde incluir las roturas, que afectan el rendimiento del sistema, tienen costes tangibles de reparación, costes intangibles de imagen y externos de la sociedad y, dada su naturaleza aleatoria, constituyen un riesgo con una probabilidad y consecuencia asociadas. Es la entidad gestora la responsable de decidir dónde incluirlas, pudiendo incluso recurrir a incorporar partes de ella en cada eje. Lo importante, no obstante, es evitar duplicar su estudio en ejes diferentes.

Alternativamente, pueden agruparse dos ejes o incluso los tres. Para ello, todas las dimensiones deben tener la misma unidad (por ejemplo, monetarias) y ser independientes entre sí para que su efecto sea sumable. Una opción puede ser la de agrupar riesgo y coste y mantener el desempeño como eje independiente. Otra posibilidad es la de fusionar los tres ejes en unidades monetarias, aunque es complicado expresar el desempeño en unidades monetarias. De hecho, no alcanzar los objetivos de desempeño es a menudo difícil de traducir en términos de coste, ya que se trata principalmente de los aspectos de calidad del servicio y de credibilidad e imagen de la entidad gestora. Incluso cuando el incumplimiento da lugar a multas, sanciones o primas asociadas a costes, éstas tienen un valor relativamente pequeño comparado con el valor intangible del fallo.

### **A.4.10. ESTABLECIMIENTO DE PRIORIDADES DE INTERVENCIÓN**

Es necesario priorizar alternativas en función del análisis realizado y de los factores externos relevantes que no se han tenido en cuenta en la evaluación en general (por ejemplo, las intervenciones en otras infraestructuras).

El problema de priorización de intervenciones no es un problema inmediato y tampoco existe una metodología única para realizar este proceso. La secuencia que se presenta a continuación ilustra una posible metodología a seguir, atendiendo a la evaluación técnica global y a la mejora relativa de la intervención en comparación con el *status quo*, al desempeño en el horizonte del plan táctico y al nivel de prioridad externa existente.

El establecimiento de prioridades deberá tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Si la situación de *status quo* en el año horizonte del plan tiene un desempeño inaceptable, la prioridad de intervención es 1, independientemente de la existencia de prioridades externas.
- Si la situación de *status quo* en el año horizonte del plan tiene un desempeño aceptable, si existe una prioridad externa elevada y la intervención introduce mejoras, entonces la prioridad de intervención también es 1.
- Si la situación de *status quo* en el año horizonte a largo plazo tiene un buen desempeño y la intervención no produce mejoras significativas, la intervención es de prioridad baja (3), aunque haya prioridades externas.
- Si para la situación de *status quo* a medio plazo, la intervención se traduce en mejoras medianas o significativas del desempeño y la prioridad externa es mediana, baja o inexistente, la prioridad de intervención es media (2).

Una vez completada la identificación de la prioridad de las intervenciones (1,2 y 3), es necesario seleccionar las intervenciones necesarias y suficientes para cumplir las metas técnicas establecidas y poder establecer el presupuesto del plan de GPI. Para ello se recomienda adoptar un proceso iterativo que responda a ambas restricciones: técnicas y presupuestarias.

## A.5. FORMULACIÓN DE TÁCTICAS Y PRODUCCIÓN DEL PLAN

### A.5.1. TIPOS DE TÁCTICAS

En general, las organizaciones suelen hacer el planeamiento táctico de cada proceso de gestión, aunque se produzcan o no los planes formales correspondientes. El planeamiento táctico en el ámbito de la GPI, en particular, dará lugar a tácticas de naturaleza diferente:

- **Tácticas estructurales**, que comprenden las obras de rehabilitación de la infraestructura y las intervenciones de expansión. Estas tácticas deberán ser incorporadas al plan de intervenciones estructurales.
- **Tácticas de operación y mantenimiento**, relativas a los procesos de operación y mantenimiento de los activos físicos identificados como relevantes en la fase de elaboración del diagnóstico o en el planeamiento de expansiones. Estas tácticas deberán ser incorporadas al plan de operación y mantenimiento.

- **Otras tácticas no estructurales**, que hayan sido identificadas como relevantes para la correcta gestión patrimonial de la infraestructura, relativas a otros tipos de activos (por ejemplo, activos financieros, de recursos humanos o de información). Estas tácticas no estructurales deberán ser incorporadas y ser coherentes con los restantes planes tácticos de la organización.

## A.5.2. TÁCTICAS ESTRUCTURALES

Las tácticas estructurales resultan directamente de la selección de las alternativas de intervención realizada anteriormente y del planeamiento de las expansiones o desarrollos futuros. Cabe recordar que las alternativas de intervención incluyen obras de rehabilitación y de expansión, alteraciones del modo de operación y mantenimiento e intervenciones mixtas estructurales y de operación y mantenimiento. En estas tácticas estructurales deberán incluirse las intervenciones puramente físicas y los componentes de obra de intervenciones mixtas. En este último caso deberá especificarse la relación de dependencia con las tácticas de operación y mantenimiento.

En la programación de las intervenciones es preciso señalar la fecha en la que cada intervención deberá estar operacional. Para ello, deberán consultarse las curvas de previsión de desempeño de la situación de *status quo*, para verificar a partir de cuándo el desempeño deja de ser el adecuado. Deberá tenerse también en cuenta, en la elección de la fecha de puesta en servicio, otros factores externos relevantes, tales como el acceso a fondos estructurales, oportunidades de crédito favorables o compromisos legales y contractuales.

Las entidades deberán refinar más la información del plan táctico para el primer año, especificando de manera más pormenorizada las acciones a desarrollar, los programas de obra física y los programas financieros de dichas obras.

Esta programación deberá revisarse y actualizarse anualmente, depurando especialmente la información relativa al año siguiente.

## A.5.3. TÁCTICAS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

El establecimiento de tácticas de operación y mantenimiento se basa en:

- deficiencias o mejoras potenciales de operación y mantenimiento detectadas en la fase de diagnóstico;
- nuevas necesidades de operación y mantenimiento derivadas de la implementación de las tácticas estructurales identificadas en la fase de selección de alternativas.

Las tácticas de operación y mantenimiento se pueden corresponder con intervenciones puntuales (p.ej. instalación de caudalímetros o corrección de condiciones de funcionamiento existentes), con intervenciones de carácter permanente (modificación de alturas de bombeo) o con intervenciones con carácter sistemático, como las correspondientes a las acciones de mantenimiento preventivas (inspección de válvulas, limpieza, reparación de depósitos, etc.).

#### **A.5.4. OTRAS TÁCTICAS NO ESTRUCTURALES**

El establecimiento de otras tácticas no estructurales deberá tener en cuenta el plan estratégico, los objetivos y metas tácticas relativas a la GPI, las restricciones y oportunidades provenientes de otros procesos de gestión, los resultados del diagnóstico y las tácticas estructurales y de operación y mantenimiento propuestas. El proceso de elaboración de estas tácticas deberá atender a:

- la estrategia de la organización;
- los objetivos tácticos establecidos y sus respectivas metas;
- tácticas establecidas en el ámbito de otros procesos de gestión que condicionen la GPI en forma de restricciones o de oportunidades (p.ej. financieras, de recursos humanos, tecnológicas, etc.);
- lagunas o deficiencias de información detectadas en la fase de diagnóstico;
- necesidades de recursos humanos en términos de dimensión de los equipos, de su formación base y formación específica, para cumplir los objetivos tácticos establecidos;
- necesidades de recursos tecnológicos para cumplir los objetivos.

Por tanto, las tácticas no estructurales deberán asociarse a los procesos de gestión de la organización. Esta metodología tiene la ventaja de facilitar la sinergia entre los planos de intervenciones estructurales y de operación y mantenimiento con los restantes planes tácticos, permitiendo incorporar directamente las tácticas no estructurales a estos últimos.

#### **A.5.5. PRODUCCIÓN DEL PLAN**

Una vez superadas todas las etapas del planeamiento de la GPI, resta la etapa de producción del plan propiamente dicho. No existe un modelo único de plan a adoptar.

Se recomienda que las entidades elaboren un plan de GPI global, que incluya un plan de intervenciones estructurales y un plan de operación y mantenimiento. Deberán especificarse también otras tácticas no estructurales relevantes para la GPI, que pueden esporádicamente alimentar otros planes (p.ej. financiero, de recursos humanos, etc.).

Tradicionalmente, las organizaciones tienden a desarrollar planes directores limitados a las obras de rehabilitación y de expansión a realizar y a sus inversiones correspondientes. En paralelo, algunas organizaciones definen también planes de mantenimiento (tácticos u operacionales). Esta opción, si ya está implementada, contribuirá significativamente a la racionalización de las inversiones y de las operaciones de mantenimiento. Sin embargo, esta visión es más simple que la anterior, ya que no incluye ni las tácticas de operación ni otras tácticas no estructurales. Por otro lado, conduce casi siempre a perder la visión integrada de los problemas de la organización y sus soluciones, dado que el plan director y el plan de mantenimiento son, por lo general, elaborados de manera independiente y sin una coordinación manifiesta.

El plan de GPI deberá ser un documento de síntesis, claro y bien estructurado, que contemple los siguientes aspectos:

- estrategias que afectan a la GPI;
- objetivos y metas tácticas del plan;
- caracterización del funcionamiento del sistema actual;
- predicción de desempeños futuros del sistema actual, teniendo en cuenta la evolución de la demanda, los nuevos requisitos legales, contractuales o reglamentarios, y la degradación física de los componentes;
- síntesis del diagnóstico;
- plan de intervenciones estructurales, donde se expliquen las principales alternativas consideradas y las adoptadas;
- plan de operación y mantenimiento, que puede incluir la realización de obras pequeñas;
- otras tácticas no estructurales y sus respectivas prioridades;
- las contribuciones a otros planes como el de gestión financiera, incluyendo el plan de inversiones en obras de rehabilitación, costes y gastos de operación y mantenimiento asociados con otras tácticas no estructurales.

Se deberá dar especial importancia a los aspectos de operación y mantenimiento. El diagnóstico realizado, por un lado, y las intervenciones de rehabilitación y expansión previstas, por otro, deberán conducir a producir las líneas generales que alimenten el plan de operación y mantenimiento. Éste, por su parte, deberá especificar las principales tareas de operación y mantenimiento a realizar, así como las condiciones de ejecución para los principales tipos de componentes del sistema y las principales reglas de operación a implementar para que la infraestructura tenga un desempeño óptimo.

Para todas las tácticas, deberán identificarse las inversiones (normalmente asociadas a tácticas estructurales), otros costes de implementación (asociados a tácticas de operación y mantenimiento y otras no estructurales) y los costes de explotación. Además, puede optarse por especificar en el plan de GPI los recursos humanos, materiales y tecnológicos necesarios, dejando la tarea de presupuestarlos a otros planes tácticos de la organización.

Es indispensable garantizar que los ingresos cubran los costes mencionados. Así mismo, el plan de gestión financiera deberá analizar y especificar las formas de financiación a adoptar.

## **A.5.6. IMPLEMENTACIÓN, MONITORIZACIÓN Y REVISIÓN DEL PLAN**

### **IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN**

El plan de GPI contempla, como ya se ha mencionado, las tácticas estructurales, tácticas de operación y mantenimiento y las tácticas no estructurales.

La implementación de las tácticas estructurales se materializa con el desarrollo e implementación de planes operacionales de rehabilitación y ampliación de las unidades operacionales de la organización que las implementará (departamento responsable de las obras).

La ejecución de tácticas operacionales y de mantenimiento se realiza, por lo general, a través del desarrollo y puesta en práctica de planes operacionales de operación y mantenimiento.

La implementación de otras tácticas no estructurales puede concretarse directamente a través del proceso de GPI (p.ej. actualización del inventario) o por otros procesos de gestión (p.ej. contratación de personal). En el primer caso, es materializada a través de planes operacionales o a través de acciones concretas. En el segundo, es indispensable establecer procedimientos que garanticen que las tácticas en cuestión son implementadas como se ha previsto.

### **MONITORIZACIÓN DEL PLAN**

La monitorización del plan debe incluir dos enfoques complementarios: la evaluación del desempeño y la evaluación del grado de aplicación de cada una de las tácticas.

La evaluación del desempeño es el cálculo de las medidas de desempeño anuales, la comparación con los valores de desempeño de los objetivos marcados, detección de desviaciones e identificación de sus causas.

Dado que algunas de las tácticas programadas sólo se reflejan en el desempeño al finalizar su implementación, y en muchas ocasiones solamente en los indicadores del año siguiente a su aplicación, es importante que la monitorización incluya también la evaluación del grado de implementación de cada táctica, de forma que puedan anticiparse desvíos respecto a las metas establecidas. El análisis de estos desvíos y la identificación de las causas permitirán, en la fase de revisión del plan, introducir medidas correctoras.

La monitorización deberá incluir tanto las tácticas controladas directamente por el proceso de rehabilitación como las controladas por otros procesos de gestión.

Los resultados de monitorización del plan táctico pueden contribuir también a la monitorización del plan estratégico, dado que habrá medidas de desempeño comunes.

## **REVISIÓN DEL PLAN**

La revisión del plan deberá realizarse anualmente. El plan revisado tendrá como fecha de referencia la correspondiente a la fecha de revisión y como fecha final la correspondiente al horizonte temporal de 3 a 5 años. De esta forma, la organización se asegura de tener siempre un plan táctico a medio plazo, más pormenorizado para el primer año, y siempre actualizado.

Deberá tener también en cuenta la nueva información de inventario, operacional, contable y de consumos disponible, así como las evoluciones observadas, sustituyendo las previsiones de desempeño por los valores reales y actualizando la información que conforma el plan.

Es indispensable tener en cuenta los desvíos detectados en la monitorización y sus respectivas causas. Sólo así es posible poner en práctica los principios de mejora continua que pretende esta metodología.

La monitorización y revisión del plan táctico deberá tenerse en cuenta en la revisión de los objetivos estratégicos y de sus respectivas metas, así como en la revisión de las estrategias propiamente dichas.

## **A.6. PLANEAMIENTO OPERACIONAL**

### **A.6.1. OBJETIVO Y RELEVANCIA DEL PLANEAMIENTO OPERACIONAL**

El planeamiento operacional tiene como objetivo la especificación, programación e implementación de las acciones a llevar a cabo en la organización e infraestructura existente, definidas por los planes tácticos.

El presente capítulo incide en el planeamiento operacional de las intervenciones estructurales relativas a la rehabilitación o expansión de los sistemas de aducción y distribución, dada la importancia que tienen en el contexto de la GPI. Sin embargo, el planeamiento operacional de la GPI, en sentido estricto, engloba otras áreas, tales como las de operación y mantenimiento y, en general, al conjunto de tácticas no estructurales.

Los planes operacionales tienen, por lo general, un horizonte temporal de un año. Si la duración media de las intervenciones (desde la fase de proyecto a la de obra) tiende a ser superior a un año, puede ser preferible adoptar horizontes superiores. Deberá asegurarse la coherencia entre el plan operacional y el presupuesto aprobado, que puede depender del modelo institucional de la entidad gestora.

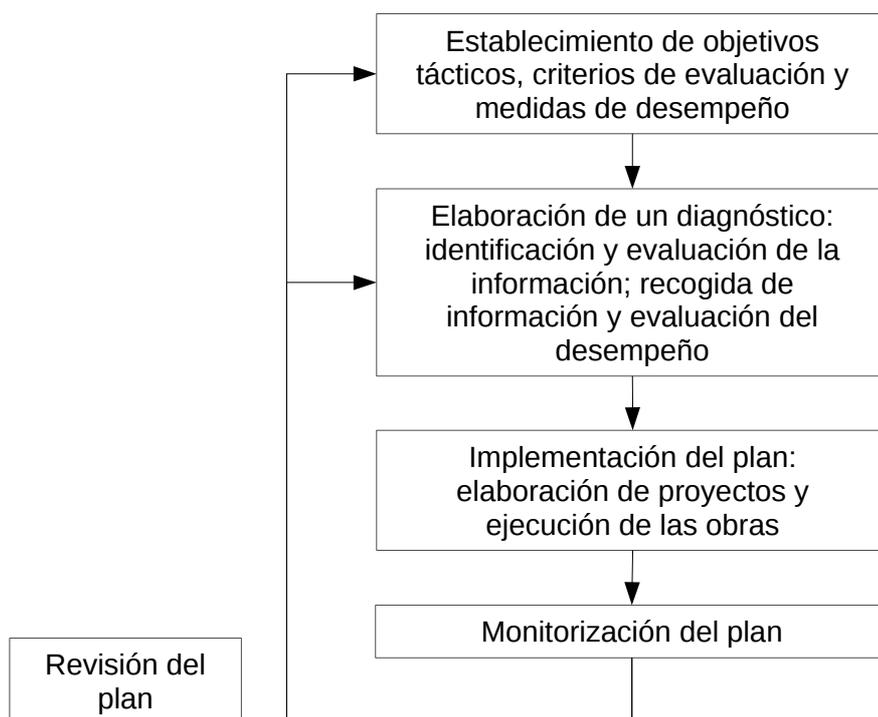
Las entidades de administración pública se rigen por presupuestos aprobados anualmente, por lo que en este caso es adecuado elaborar planes operacionales anuales. Las restantes entidades, aunque tienen presupuestos anuales, tienen más flexibilidad para asumir compromisos plurianuales y, por tanto, pueden elegir más fácilmente horizontes temporales un poco más largos.

Los planes operacionales definen las acciones a corto plazo a poner en práctica por cada mando operativo de la organización. Definen, entre otros aspectos, los lugares exactos de intervención, el calendario de intervención y las tecnologías, recursos humanos y materiales a utilizar.

### **A.6.2. PROCESO DE ELABORACIÓN DE UN PLAN OPERACIONAL**

La elaboración de un plan operacional de intervenciones estructurales puede ser sistematizada en las fases representadas en la Figura A-3. Estas fases con explicadas individualmente en las secciones sucesivas. En el planeamiento operacional, la fase de implementación es la que tiene mayor relevancia y a la cual se debe prestar mayor atención.

Figura A-3. Fases del proceso de elaboración de un plan operacional.



### A.6.3. OBJETIVOS OPERACIONALES, MEDIDAS Y METAS

Tal y como ocurre con el planeamiento estratégico y el táctico, existe una relación directa entre éste último y el planeamiento operacional. En cambio, los objetivos y metas operacionales no pueden expresarse, por lo general, en términos de medidas de desempeño relativas a la calidad del servicio prestado o al estado físico de la infraestructura. Los objetivos y metas operacionales se suelen expresar en términos de realización de obras o en fases de ejecución de las obras, según corresponda.

Los criterios deberán establecerse teniendo en cuenta:

- finalización de la obra o de cada fase de obra;
- cumplimiento de los requisitos de calidad de ejecución;
- cumplimiento de los plazos;
- cumplimiento del presupuesto previsto.

Las medidas de desempeño pueden ser expresadas en términos porcentuales de cumplimiento del criterio o de desvío relativo del criterio respecto a la meta.

Las metas deberán materializar los criterios, concretándolos para cada obra (por ejemplo, fijación de los requisitos de calidad, los plazos y los costes a cumplir en cada caso).

*Tabla A-16. Relación entre objetivos, criterios, medidas y metas para el ejemplo de la obra XX.01.*

<b>Objetivos operacionales</b>	<b>Criterios operacionales</b>	<b>Medidas de desempeño</b>	<b>Metas (%)</b>
Garantizar la realización del proyecto de ejecución de la obra XX.01	Finalización de la obra	<b>Grado de realización de la obra planeada (%)</b> Coste previsto para la parte de la obra ya realizada / coste total previsto x 100	100
	Cumplimiento de los requisitos de calidad de ejecución	<b>Grado de cumplimiento de requisitos de calidad (%)</b> Número de requisitos de calidad cumplidos / número total de requisitos de calidad x 100	100
	Cumplimiento de plazos	<b>Desvío frente a la duración prevista (%)</b> Duración efectiva de realización de la fase de obra / duración prevista para la fase de obra x 100	0
	Cumplimiento del presupuesto previsto	<b>Desvío de costes (%)</b> (Coste efectiva de la fase de obra - coste previsto de la fase de obra)/coste previsto de la fase de obra x 100	0

#### A.6.4. PROGRAMACIÓN DE ACCIONES Y PRODUCCIÓN DEL PLAN

La programación de acciones a nivel operacional requiere identificar las intervenciones a realizar en el horizonte temporal del plan táctico, la identificación de sus respectivas fases de implementación y su respectivo calendario físico y financiero.

El plan operacional de intervenciones estructurales deberá ser un documento de síntesis, claro y bien estructurado, que contemple los siguientes aspectos:

- objetivos y metas operacionales del plan;
- programación de intervenciones e identificación de las respectivas fases de implementación;
- calendario físico y financiero de las intervenciones y de sus respectivas fases;
- establecimiento de los mecanismos de monitorización, evaluación y revisión del plan.

El plan operacional deberá especificar quiénes son los responsables (internos de la organización) y los agentes participantes (internos y externos) de cada una de las fases de obras.

#### **A.6.5. IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN**

Las fases de implementación de cada intervención dependen del tipo de intervención. En una obra compleja, pueden considerarse las siguientes fases:

##### **FASE DE PROYECTO**

- consulta y elaboración de un estudio previo;
- consulta y elaboración de un proyecto de ejecución.

##### **FASE DE CONSTRUCCIÓN**

- salida a concurso público de la obra;
- evaluación de las propuestas y adjudicación de la obra;
- ejecución de la obra civil (dividida en etapas o fases; puede incluir la instalación de algún equipamiento, como válvulas o conductos);
- instalación del equipamiento (por ejemplo, equipos electromecánicos de estaciones de bombeo).

##### **FASE DE RECEPCIÓN Y PUESTA EN SERVICIO**

- puesta en servicio de la obra;
- recepción provisional de la obra, inmediatamente después de la conclusión de la obra;
- recepción definitiva de la obra, tras el periodo de garantía de la obra.

La puesta en servicio puede entenderse como el proceso de asegurar que la obra, en su conjunto, y sus componentes individuales son proyectados, instalados y ensayados de acuerdo con las necesidades y requisitos de calidad y de desempeño funcional.

La puesta en servicio comprende un conjunto de técnicas y procedimientos para verificar, inspeccionar y probar cada componente físico de la obra, desde los individuales (piezas, instrumentos, equipos, etc.) a los más complejos (módulos, subsistemas y sistemas) e incluye:

- el examen y realización de ensayos de recepción de materiales y equipamientos de obra;

- ensayos de verificación de la correcta ejecución e instalación de la obra (por ejemplo, ensayos de control de calidad de soldaduras, ensayos de estanqueidad);
- ensayos de recepción de la obra (por ejemplo, ensayos de funcionamiento de equipos y componentes de subsistemas).

En obras más simples, algunas de estas fases pueden no existir. Por ejemplo, puede ocurrir que tanto el proyecto como la obra sean realizados internamente, lo que elimina las fases de consulta, concurso y adjudicación. Otras obras pueden englobar sólo la componente de construcción o simplemente la de instalación de los equipos.

#### **A.6.6. MONITORIZACIÓN Y REVISIÓN DEL PLAN**

La monitorización del plan operacional consiste en la evaluación, para cada obra, de las medidas de desempeño seleccionadas y de su comparación con las metas establecidas. La monitorización deberá realizarse regularmente a lo largo del año (en general, con periodicidad mensual o trimestral).

Anualmente, deberá elaborarse un documento de síntesis que presente los resultados de la monitorización.

La revisión del plan deberá realizarse trimestral o semestralmente. Deberá tener en cuenta los resultados de la monitorización de forma que se corrijan eventuales desvíos de los criterios y metas establecidas.

# REFERENCIAS

Asset Management: A Guide For Water and Wastewater Systems. (2006). Environmental Finance Center New Mexico Tech.

Alegre, H. (2008). Gestão Patrimonial de Infra-estruturas de Abastecimento de Água e de Drenagem e Tratamento de Águas Residuais. Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

Alegre, H., & Covas, D. (2012). Gestão patrimonial de infra-estruturas de abastecimento de água: Uma abordagem centrada na reabilitação.

Alonso Fernández-Coppel, I. (s.f.). Las coordenadas geográficas y la proyección UTM. Universidad de Valladolid.

ANAO. (1996). Asset Management Handbook. Australian National Auditors Office, Commonwealth of Australia.

Ariaratnam, S., El-Assaly, A., & Yang, Y. (December de 2001). Assessment of Infrastructure Inspection Needs Using Logistic Models. Journal of Infrastructure Systems, 160-165.

Arregui de la Cruz, F., Cabrera Roquera, E., & Cobacho Jordán, R. (2007). Gestión integral de contadores de agua. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Ayuntamiento de Castellón. (2012). [www.castello.es](http://www.castello.es). Castellón.

Baur, R., & Herz, R. (2002). Selective Inspection Planning with Aging Forecast for Sewer Types. Dresden: Technische Universität Dresden.

Berardi, L., Giustolisi, O., Savic, D., & Kapelan, Z. (2008). An effective multi-objective approach to prioritisation of sewer pipe inspection. 11th International Conference on Urban Drainage. Edinburgh, Scotland.

Brown, R. E., & Humphrey, B. G. (2005). Asset management for transmission and distribution. Power and Energy Magazine, IEEE., 3(3), 39.

Cabrera Marcet, E. (2008). El suministro de agua en España. Panel Científico Técnico de seguimiento de la política del agua.

Cabrera Marcet, E. (2012). Calidad y precio, desafíos del agua del futuro. El País, 2-3.

Cabrera Marcet, E., & García-Serra García, J. (1997). Problemática de los abastecimientos urbanos. Necesidad de su modernización. Valencia, España: Unidad Docente Mecánica de Fluidos.

Cabrera Marcet, E., Cobacho Jordán, R., & Dubois, M. (2004). La Problemática de los Abastecimientos Urbanos. Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 8(2), 271-285.

Cabrera Rochera, E. (2001). Diseño de un sistema para la evaluación de la gestión de los abastecimientos urbanos. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Cabrera Rochera, E., Arregui de la Cruz, F., Cobacho Jordán, R., & Trull, J. (2002). Practical application of metric benchmarking in water supply systems. Water Science & Technology: Water Supply, 2(4), 173-180.

Calvo Miranda, J. (2010). Abastecimiento de agua potable y saneamiento de las aguas residuales urbanas en España. Revista Aragonesa de Administración Pública(36), 295-312.

Cobacho Jordán, R. (2000). La gestión de la demanda en el contexto de una nueva política integral del agua. Su aplicación al suministro urbano. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Cobacho Jordán, R., Arregui de la Cruz, F., Cabrera Marcet, E., & Cabrera Rochera, E. (Mayo de 2007). Private water storage tanks: evaluating their inefficiencies. IWA Publishing.

Comisión Europea. (2000). Directiva Marco del Agua. Directiva 2000/60/CE. Bruselas.

da Costa Martins, A. (2001). Stochastic models for prediction of pipe failures in water supply systems. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa.

del Olmo García, A., Aguado García, D. & Cabrera Rochera, E. (2012). Plan de Gestión Patrimonial de Infraestructuras de la Red de Abastecimiento de Agua Potable de El Grao (Castellón) utilizando la metodología AWARE. Universidad Politécnica de Valencia.

E. Ana, J., & Bauwens, W. (2007). Sewer Network Asset Management Decision-Support Tools: a Review. International Symposium on New Directions in Urban Water Management. Brussel: UNESCO Paris.

Edwards, R. (2010). Infrastructure Asset Management in the UK. Maintworld(1), 28-30.

Foley, A. (2005). Benchmarking asset management. Water Asset Management International, 1(1), 22-25.

Frome, E. (1983). The Analysis of Rates Using Poisson Regression Models. *Biometrics*(39), 665-674.

Fuertes Miquel, V., García-Serra García, J., Iglesias Rey, P., López Patiño, G., Martínez Solano, J., & Pérez García, R. (2002). *Modelación y diseño de redes de abastecimiento de agua*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

GASB-34. (2007). GASB Statement No. 34, Basic financial statements — and management's discussion and analysis — for State and Local Governments. Governmental Accounting Standards Board, E.U.A.

Guttorp, P. (s.f.). The Poisson Distribution. Obtenido de Department of Statistics: [www.stat.washington.edu/peter/341/Poisson.pdf](http://www.stat.washington.edu/peter/341/Poisson.pdf)

Hirner, W. (Junio de 2001). *La regulación del suministro de agua urbano. Estándares de calidad y de control*. Fundación para el Fomento de la Ingeniería del Agua. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

IIMM. (2002). *International infrastructure management manual, version 2.0*. Association of Local Government Engineering NZ Inc (INGENIUM).

IIMM. (2006). *International infrastructure management manual, version 3.0*. Association of Local Government Engineering NZ Inc (INGENIUM).

Instituto Nacional de Estadística. (2012). [www.ine.es](http://www.ine.es). Madrid: INE.

International Organization for Standardization. (2002). *ISO/IEC Guide 73: Risk management – Vocabulary – Guidelines for use in standards*. Geneva: ISO.

Kelly, E. (2005). What's so different about Australian asset management? AWWA/WEF Joint Management Conference.

Kraus, D. (2004). The benefits of asset management and GASB 34. *Leadership and Management in Engineering*, 4(1), 17.

Lemer, A. (2005). *Advancing infrastructure-asset management in the gasb 34 age: who's driving the train?* APWA International Public Works Congress.

Lumbers, J., Conway, T., Fynn, T., & Heywood, G. (2010). *Optimal Asset Management Planning: Advances In Water Mains And Sewers Analysis Within A New Modelling Environment*. *Water Asset Management International*, 6(3), 10-13.

Ministerio de Medio Ambiente. (4 de Diciembre de 1998). Libro Blanco del Agua en España. Madrid.

Orndoff, C. J. (2004). The effects of GASB 34 on asset management. *Leadership and Management in Engineering*, 4(1), 2.

Pampillón Olmedo, R. (6 de 2006). La industria en España. 20 años de pertenencia a la Unión Europea. *CLM. Economía*, 239-264.

Patton, T., & Wardlow, P. (1999). Viewpoints: Why infrastructure reporting? *GASB Action Report* Vol. 16, No. 5.

Rezaei, S., & Tahmasbi, R. (2012). A New Lifetime Distribution with Increasing Failure Rate: Exponential Truncated Poisson. *Journal of Basic and Applied Scientific Research*, 2(2), 1749-1762.

Rico Amorós, A. M. (2004). Sequías y abastecimientos de agua potable en España. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles (AGE)*(37), 137-181.

Røstum, J. (2000). *Satistical Modelling of Pipe Failures in Water Networks*. Trondheim, Norway: Norwegian University of Science and Technology.

Shahata, K., & Zayed, T. (2010). Integrated Decision-Support Framework for Municipal Infrastructure Asset. *ASCE Library*, 1492-1502.

Soriano Olivares, J. (2012). *Influencia de las instalaciones de suministro de agua de edificios sobre el comportamiento hidráulico en régimen permanente y transitorio de la red general de distribución*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Sousa, V., Ferreira, F., Almeida, N., Saldanha Matos, J., Martins, J., & Teixeira, A. (2009). A simplified technical decision support tool for the assetmanagement of sewer networks. *Water Asset Management International*, 5(1), 3-9.

Syachrani, S. (1999). *Advanced Sewer Asset Management Using Dynamic Deterioration Models*. Bandung, Indonesia: Institut Teknologi Bandung.

USEPA. (2005). *USEPA Advanced Asset Management Workshop*. US Environmental Protection Agency.

Vanier, D. (2000). *Advanced asset management: tools and techniques*. Louisville: APWA International Public Works Congress.

Vanier, D. (2000). *Asset management 101: a primer*. APWA International Public Works Congress. Louisville.

Vanier, D. (2000). Asset management 101: a primer. Louisville: APWA International Public Works Congress.

Vanier, D. (2001). Asset management "A" TO "Z". Philadelphia: APWA International Public Works Congress.

Vanier, D. (2004). Geographic information systems (GIS) as an integrated decision support tool for municipal infrastructure asset management. Toronto: CIB Triennial Congress.