

ABASTECIMIENTO DE AGUA A MADRID

Rafael Viguera González*
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

El pasado

Los orígenes

"¿Y qué quieren que haga? Un rey no está en el trono para hacer milagros". Esta frase se atribuye a Carlos IV, en relación con el problema de la escasez de agua en Madrid, y resume perfectamente la agonía hidráulica de la capital del Reino desde que Felipe II trasladó la Corte a Madrid - año 1.561- hasta la inauguración del Canal de Isabel II el 24 de junio de 1.858. En estos tres siglos, Madrid pasa de 14.000 a 240.000 habitantes; Felipe III traslada la Corte a Valladolid durante cinco años (1.601), siendo la insuficiencia del abastecimiento un factor decisivo; y se suceden multitud de proyectos: desde el elaborado por los Grunenberg (1.662), hasta el de Barra en 1.830. Cabe destacar, como anécdota, las palabras del Conde de Aranda sobre el proyecto Sicre (Tablas de Gueza - Guadalix -Madrid. Año 1.767): "Doy por bien gastado el dinero para que no se vuelva hablar de traer aguas del Jarama".

Esta era la situación del abastecimiento de agua a Madrid hasta que en el año 1.848 D. Juan Bravo Murillo, siendo Ministro de Comercio, Instrucción y Obras Públicas, nombró una comisión dirigida por los ingenieros Rafo y Ribera para estudiar los proyectos existentes, su comparación y la propuesta de mejor solución.

El abastecimiento de agua a Madrid se ratificó como problema de Estado, superando el ámbito local, cuando el entonces Presidente del Gobierno Bravo Murillo dispone, mediante un Real Decreto,

**Jefe del departamento de planificación del Canal de Isabel II*

que sería el Gobierno quien se hiciera cargo de las obras del proyecto propuesto por Rafo y Ribera. Pocos años antes de que esto sucediera, el Ayuntamiento de Madrid agotó su último intento de solucionar el problema, adjudicando a la Compañía Anónima "La Aurora" el suministro de agua a Madrid, que se comprometió a conducir 10.000 reales de agua. El contrato se rescindió en el año 1.847 sin que se hubiera iniciado obra alguna.

De la "Memoria Razonada: sobre la posibilidad y conveniencia de conducir a Madrid las aguas del río Lozoya", redactada por los ingenieros Rafo y Ribera, entresacamos dos párrafos que resumen la estrategia original del abastecimiento a Madrid y su genial visión en un ambicioso proyecto que permitió el desarrollo de la capital en una ubicación geográfica que, desde el punto de vista hidráulico, estaba mucho de ser la idónea:

"Dos son las cuestiones generales, principales y primeras que deben examinarse al tratar de surtir de aguas una gran población: la primera es, la comparación proporcional del coste de conducir una gran cantidad, tanta como sea posible, con el de conducir sólo la estrictamente necesaria para cubrir todas las necesidades del momento; y la segunda, la misma comparación relativamente a traer esta agua rodada desde puntos altos más o menos distantes, con el proporcionarla de puntos bajos pero próximos, elevándolas con máquinas hidráulicas generalmente, y en algunos casos con otra clase de motor".

"Además, siendo estas dos partes inseparables (conducción y distribución), es claro que se relacionarán mutuamente, o lo que es lo mismo dependerán una de otra, y sería por consiguiente

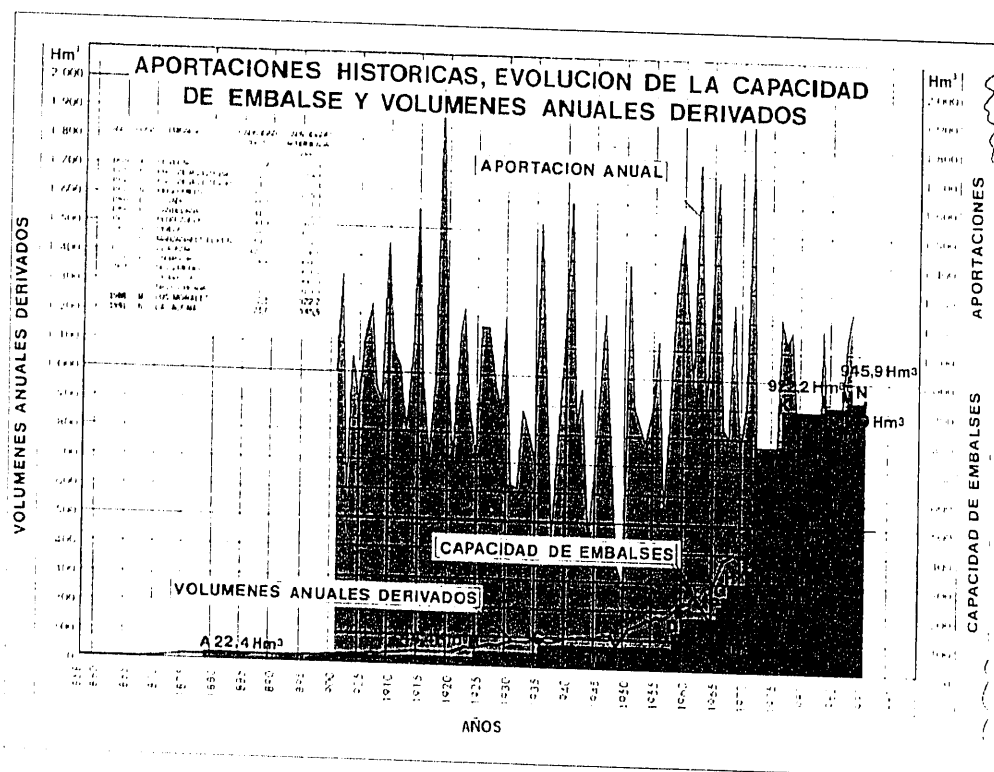


Gráfico 1

absurdo quererlas ejecutar independientemente, como por desgracia hasta aquí se ha tratado".

Su evolución.

La evolución histórica del abastecimiento a Madrid ha estado marcada por eventos, que han constituido hitos en el desarrollo de las infraestructuras necesarias para garantizar el nivel adecuado del servicio hasta el siguiente acontecimiento.

En este sentido, pueden diferenciarse cuatro fases en la evolución del abastecimiento a Madrid, desde la puesta en servicio del Canal de Isabel II en el año 1.858. (Gráficos 1 y 2).

■ Abastecimiento con "aguas fluyentes"

Hasta el año 1.925 Madrid se abastecía con las mismas infraestructuras proyectadas en su origen, solamente incrementadas con la Presa de El Villar (1.882). La población creció de 240.000 habitantes hasta 700.000, y el consumo pasó de 0,63 Hm³/año a 55 Hm³/año.

■ Desarrollo sostenido

El período 1.925 - 1.940 se caracterizan por un incremento de infraestructuras progresivo y coor-

dinado con el aumento de la demanda. La dos fases de la presa de Puentes Viejas y el Canal Alto elevaron la capacidad de embalse a 75 Hm³ y hasta 10 m³/seg. la de aducción. En este período Madrid alcanzó 1.100.000 habitantes y el consumo se situó ligeramente por encima de los 100 Hm³/año.

■ Período de graves restricciones

Se producen graves desabastecimientos en los años 45, 49 y 65; en las dos primeras fechas por problemas de recursos y en la última por falta de capacidad en las aducciones. Las presas de Riosequillo (1.958) y El Vado (1.960) mitigan las insuficiencias de regulación pero no impiden que vuelva un período de grave desabastecimiento en el año 1.965 por falta de capacidad de aducción, al disponer solamente de los canales Alto y Bajo que sumaban 10 m³/seg. de capacidad. En el año 1.965 Madrid alcanzó los 2.700.000 habitantes, y el consumo de agua fue de 286 Hm³.

■ El gran impulso al abastecimiento de Madrid

En el período 1.965 - 1.977 el abastecimiento a Madrid recibe el mayor impulso de su historia, sólo equiparable en su esfuerzo al que dio origen a la fundación del Canal de Isabel II.

En el Lozoya se completan las infraestructuras de regulación con los embalses de Pinilla y El Atazar. En el Manzanares se adquiere la compañía Hidráulica Santillana, y se recrece la Presa de Manzanares el Real. En el Guadalix se construye la Presa de Pedrezuela. En el sistema Guadarrama - Aulencia se realiza la Presa de Valmayor. En cuanto a las aducciones, se construyen los canales de el Atazar, Valmayor, El Sorbe y la elevación de Picadas desde el río Alberche. En resumen: se incrementa la capacidad de embalse en 700 Hm³ y las aducciones de entrada al área metropolitana en 30 m³/seg. Las infraestructuras de tratamiento de agua se inicia en 1.967, alcanzando, al acabar el período, una capacidad nominal de 27 m³/seg. Pero no solamente se limitan las actuaciones en este período a las grandes obras de captación y aducción, sino que se inicia la red arterial metropolitana de circunvalación con la Arteria

calidad de los materiales utilizados, sino por su crecimiento caótico producido por el aumento de la segunda residencia en la sierra madrileña.

A fin de paliar la situación de estos abastecimientos y extender el suministro a los restantes, el Canal de Isabel II desarrolló el concepto de Sistema, entendiendo como tal el conjunto de instalaciones de abastecimiento que con una concepción conexa y jerárquica presta servicio a un territorio. Cada uno de los cinco Sistemas desarrollados abastece a decenas de municipios, dispone de estaciones de tratamiento y depósitos de regulación supramunicipales, así como un avanzado sistema de telecontrol, tanto para la explotación del mismo, como para el análisis en continuo de los principales parámetros de calidad. Actualmente, tres de ellos están finalizados y los otros dos están en ejecución avanzada; lo que supone un total de 129 municipios conectados al sistema general del Canal de Isabel II. (Gráfico 5).

■ Mantenimiento de la capacidad productiva.

Si la década de los 60 supone para el Canal de Isabel II la etapa de mayor impulso en infraestructuras de regulación y aducción, la actual se identifica por el mantenimiento y/o recuperación de la capacidad de las infraestructuras existentes. Es importante destacar este aspecto por la escasa repercusión que tiene cara a la opinión pública y las tremendas consecuencias sobre la capaci-

dad productiva de la empresa, que se traduce, desgraciadamente a medio plazo, en una descapitalización técnica de difícil solución.

En este capítulo, la estrategia mantenida ha permitido la remodelación y modernización de todas las estaciones de tratamiento de agua potable, incorporándoles tratamientos avanzados en función de las nuevas necesidades derivadas del progresivo deterioro de las fuentes de abastecimiento. La impermeabilización y refuerzo de los grandes canales de aducción, con el doble objetivo de evitar su ruina y disminuir las pérdidas de agua, incrementa notablemente la garantía del servicio frente a incidencias. La mejora y ampliación de la instrumentación en las presas de embalses, junto con los trabajos de impermeabilización de paramentos y de mantenimiento de los órganos de desagües es otro de los programas que han permitido recuperar y mantener la capacidad productiva de la empresa.

El Canal de Isabel II, en relación con las redes de distribución de agua, adoptó desde sus orígenes la prescripción de materiales de alta calidad, como es la fundición. En la actualidad el 85% de la longitud total de las tuberías instaladas son de fundición, correspondiendo un 45% a la fundición dúctil. La calidad del material empleado se traduce en unos niveles de fugas y averías similares a los mejores abastecimientos de capitales europeas.

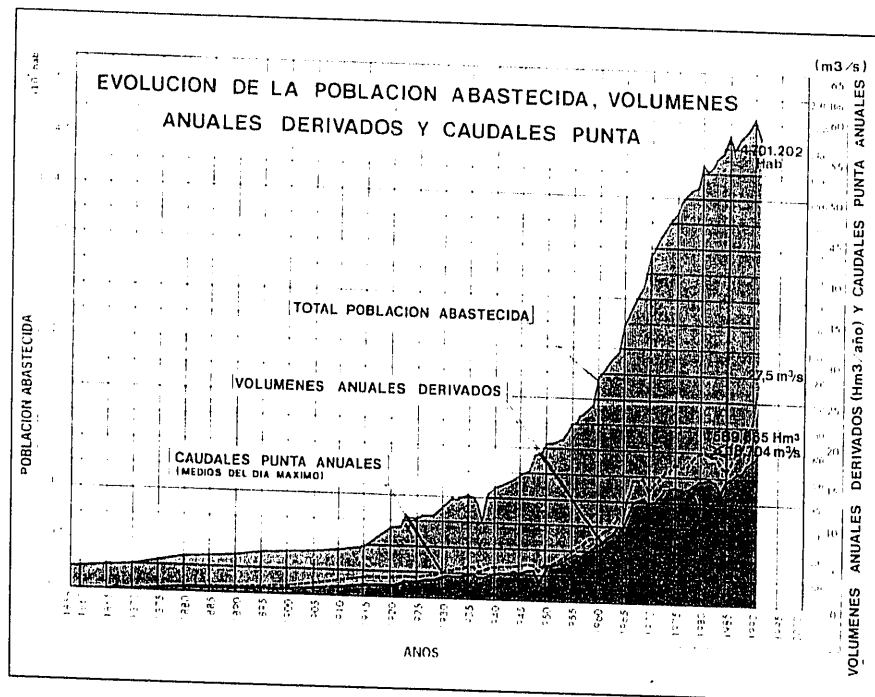
En este sentido, el Plan de Empresa del Canal de Isabel II (92-96) se pone como objetivo rebajar el índice de averías en la red a 0,25 roturas por Km. y año; parámetro situado en los límites de la optimización técnico-económica de una red de distribución. Los planes de renovación de red están dirigidos a conseguir los objetivos propuestos.

■ La gestión hidráulica.

La mayor eficacia en la gestión de los recursos hídricos es una de las conclusiones de la Declaración de Dublín (1.992), en donde se advirtió que la escasez del agua es una amenaza para el desarrollo sostenido y la protección del medio ambiente.

Hasta el año 1.960 el abastecimiento a Madrid no necesitó otro recurso distinto del Lozoya; quince años más tarde todos los recursos situados en el ámbito territorial de Madrid estaban re-

Gráfico 3



gulados y conducidos. Salvo las cabeceras del Jarama y Sorbe, y el mayor aprovechamiento del Alberche, no existen más recursos disponibles significativos que los derivados de grandes trasvases de cuencas más lejanas. La mayor eficacia en la gestión de los recursos hídricos no es un objetivo deseable, sino una imperiosa necesidad.

A tal fin, el Canal de Isabel II ha desarrollado el "Programa Integrado de Comunicaciones" que reúne todos los servicios que en este ámbito necesita la empresa: telecontrol y telemando, telefonía fija, telefonía móvil y comunicaciones entre ordenadores. El Sistema General de Comunicaciones, basado en una red troncal con enlaces digitales de radio y de fibra óptica, cubre todo el área geográfica de actuación del Canal de Isabel II, y aporta las últimas innovaciones tecnológicas del sector, destacando la gestión automática de rutas alternativas, la telesupervisión automática y el gobierno de la red por ordenador, lo que permite una red especialmente fiable y segura, indispensable para la gestión de la actividad de la empresa. El sistema de Telecontrol, puesto en funcionamiento en 1.983, se ha ido adaptando a las nuevas necesidades y ampliándose a las redes de aducción y distribución.

La complejidad del abastecimiento a Madrid exige sofisticadas herramientas informáticas sin las cuales es difícil optimizar la gestión. A tal fin, el Canal de Isabel II tiene operativo desde hace más de dos años un modelo matemático, al que se ha denominado CANSYS, que permite simular la situación de los recursos a corto, medio y largo plazo. El modelo tiene la capacidad suficiente para admitir todas las fuentes, aducciones y zonas de demanda en que se ha dividido el abastecimiento; a partir de la situación existente en las fuentes, las previsiones de aportaciones en el período de estudio y diversas reglas de explotación, se consigue optimizar la gestión de desembalses. Igualmente, el modelo permite analizar los resultados que nuevas infraestructuras producen sobre la garantía de abastecimiento y optimizar mediante sucesivas interacciones las soluciones mas adecuadas. La situación del abastecimiento frente a incidencias en infraestructuras de duración superior al mes es otra de las múltiples utilidades del modelo citado. (Gráfico 6).

El siguiente escalón en la gestión hidráulica lo constituye lo que se ha denominado red estratégica. El Canal de Isabel II dispone recientemente

de un modelo matemático para esta red; el esquema topológico abarca desde la salida de embalses hasta las grandes zonas de demanda y permite simular horariamente la circulación del agua en la citada red estratégica. Los objetivos principales que se pretenden son: optimizar las infraestructuras existentes; planificar las futuras en función de la demanda prevista; analizar las alternativas de suministro en caso de incidencias, y ser la herramienta auxiliar para gestión de explotación diaria.

Por último, el Canal de Isabel II dispone de un modelo matemático para la red básica de transporte dentro del término municipal de Madrid, que posteriormente se ampliará a los grandes municipios del área metropolitana. La complejidad de la red por su extensión y grado de mallado, requiere un modelo matemático de estas características para la planificación de la red básica de transporte. Entre los objetivos principales se encuentran los siguientes: detección de insuficiencias de red de transporte; alternativas de abastecimiento frente a incidencias en arterias principales; localización óptima de puntos de conexión para actuaciones urbanísticas; planificación de la red futura en función de las previsiones de incremento de demandas programadas en el planteamiento urbanístico o derivadas de previsiones de incremento de dotaciones unitarias en las distintas zonas de demanda.

En cuanto a la gestión de explotación de la red, el Canal de Isabel II ha iniciado un proyecto denominado SIGRYD, que basado en un sistema de información geográfico, permitirá disponer de una cartografía automatizada con amplias aplicaciones en la gestión técnica (bases de datos de

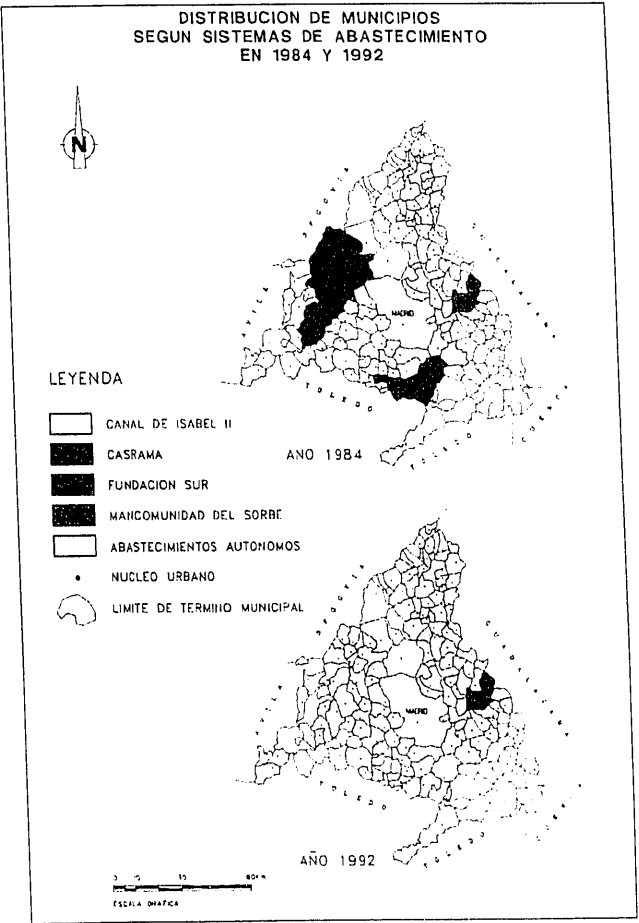


Gráfico 4

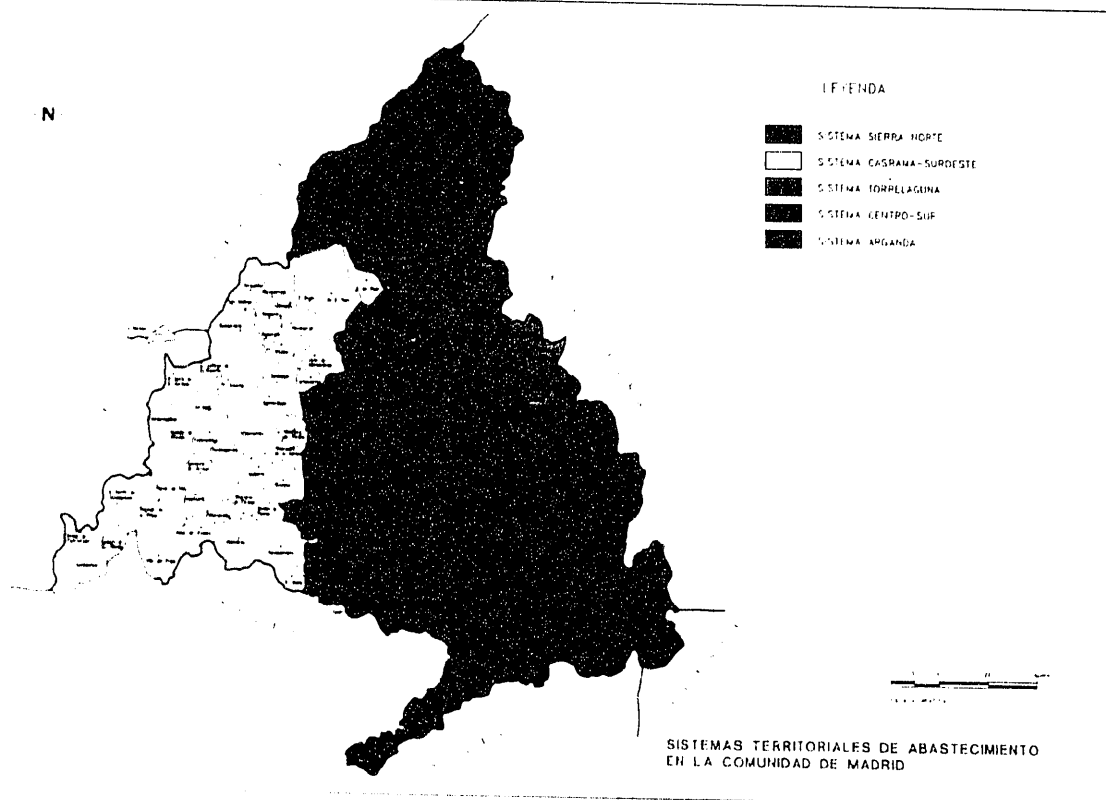


Gráfico 5

material, edad, averías, programas de renovación de red, polígonos de corte, etc.) y en la comercial.

■ Análisis del consumo de agua y predicción de la demanda en Madrid.

La misión fundamental de la planificación en un abastecimiento de agua es la programación de infraestructuras de tal forma que su ejecución y puesta en servicio se produzca con la antelación adecuada para dar respuesta a las demandas de agua de una población, con el nivel de garantía que se fije como objetivo. Es importante recalcar que la citada misión de la planificación no se limita a los recursos, sino que engloba desde su captación hasta el suministro al usuario. Las clásicas preguntas del planificador: ¿cuánto?, ¿cuándo? y ¿dónde?, resumen de forma escueta los objetivos que deben perseguirse en los estudios de predicción de la demanda en las grandes poblaciones.

Los estudios clásicos de predicción de la demanda, basados en el crecimiento demográfico y la aplicación de dotaciones unitarias, no dan respuesta adecuada a los abastecimientos a grandes poblaciones, como es el caso de Madrid. Por otra parte, dichos estudios de predicción de la demanda no deben ser puntuales: el seguimiento

de su evolución y la puesta al día periódica de las hipótesis utilizadas, permitirán la toma de decisiones en las diferentes fases de la programación de infraestructuras.

El Canal de Isabel II está utilizando diferentes metodologías en la predicción de la demanda de agua, basadas fundamentalmente en la desagregación espacial y por usos, y en la utilización de modelos econométricos.

En cuanto a la demanda total, la correlación existente entre las series de

consumo anual y la de índices de renta per capita demuestra la bondad de esta última como variables explicativa del consumo de agua. La explicación hay que buscarla en que el índice de renta per capita es una variable que resume todas las mejoras del nivel de vida y, en concreto para el caso del consumo de agua, representa la evolución creciente en la dotación de elementos sanitarios y de equipamiento, cuyo uso se traduce en incrementos en el consumo. (Gráfico 7).

Sin embargo, la utilización de modelos paramétricos para la predicción de la demanda futura no son de gran utilidad por tres razones: la primera está asociada al error de especificación del propio modelo; la segunda se refiere a la relación lineal estimada entre las variables consumo y renta, que posiblemente deje de ser lineal a largo plazo; y por último, el error de predicción de la variable renta constituye una incertidumbre de rango superior a la que se requiere predecir.

Por tales razones, la modelización predictiva mas aconsejable es la basada en metodologías inerciales. Las conclusiones del estudio indican un crecimiento medio acumulativo del 1,7% anual, que supone un incremento total del 37% para el año 2012. El consumo total en la Comu-

nidad de Madrid en el año 1.991, último año antes de la adopción de medidas para la reducción del consumo, fue de 658 Hm³, de los que 590 fueron suministrados por el Canal de Isabel II y el resto corresponde a autoabastecimientos municipales y privados.

El análisis de los consumos de agua en Madrid capital se ha limitado, en principio, a dos usos: el domiciliario y el resto. La desagregación espacial utilizada es la de distritos, que es la división administrativa municipal con mayor número de datos socioeconómicos para permitir correlaciones con la demanda de agua producida.

La demanda de agua domiciliar se produce en la vivienda y ésta debe ser la unidad de consumo a todos los efectos. los incrementos de dotación por habitante que se detectan en las ciudades tienen, en parte, su explicación por el incremento de viviendas sobre una base poblacional fija. La progresiva disminución de la ocupación en la vivienda, tiene su reflejo en Madrid en los últimos 10 años: el número de personas por vivienda ha disminuido de 3,75 a 3,25 a pesar del problema latente de escasez de la misma para un amplio sector de la sociedad en edad de independizarse.

El consumo de agua en una vivienda varía en función de muchos factores; sin embargo, todos ellos pueden resumirse en los siguientes: tipología de la vivienda, climatología y factores socioeconómicos y culturales. El estudio realizado en Madrid demuestra que a igualdad del resto de los factores citados, existe una relación directa entre consumo y renta familiar.

Del análisis estadístico de consumos trimestrales de agua en las viviendas de la capital extraemos los siguientes:

- Consumo medio: 47 m³/viv x trim. (522 l/viv.x día).
- Mediana: 29 m³/viv x trim. (322 l/viv. x día)
- Moda: 24 m³/viv. x trim. (271 l/viv. x día)

Estos datos son lo suficientemente significativos como para comprender una distribución de consumos que refleja que el 62% del total de las viviendas utilizan el 30% de la demanda, y el 6,6% de las viviendas gastan el 35% del volumen total domiciliario. El análisis estadístico de consumos por distritos, y la división de los consumido-

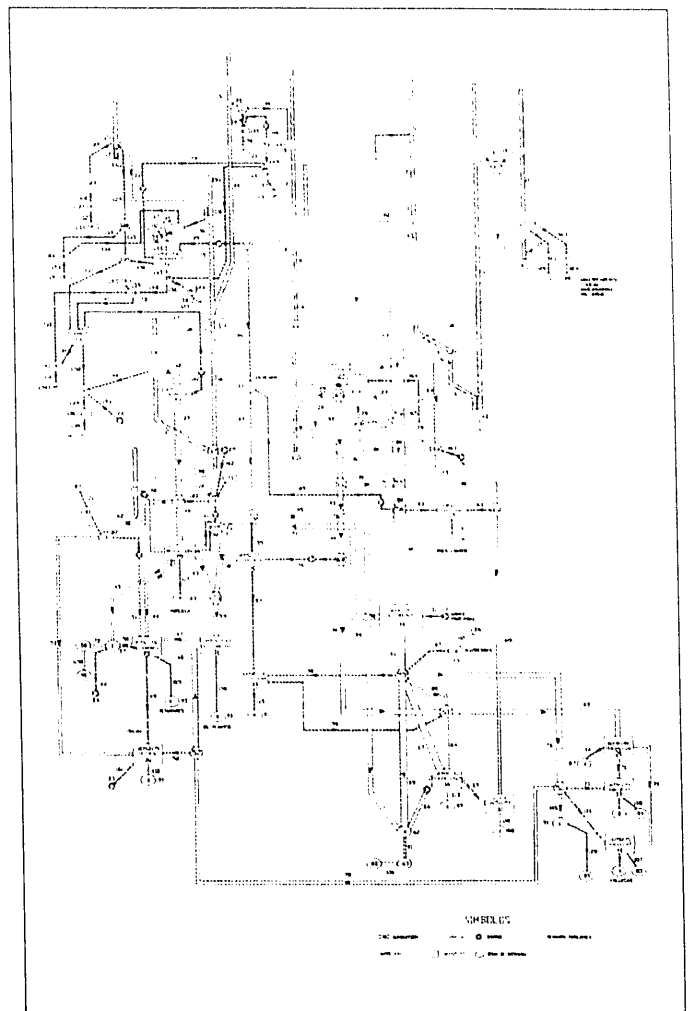
res de cada distrito en distintos intervalos (deciles, quintiles y cuartiles) han permitido tipificar con bastante claridad el consumo domiciliario de la ciudad.

El siguiente paso en la predicción de la demanda domiciliar consiste en la modelización de las series de consumos trimestrales, por distritos e intervalos, mediante diferentes metodologías: modelos paramétricos e inerciales, que permiten su ajuste y calibración a través de variables explicativas y en su ausencia, para obtener predicciones de demanda en diversos escenarios.

Ciertamente, la base fundamental descansa en la disposición de series de consumos trimestrales con la suficiente fiabilidad y longitud; y que dicha información debe residir en las bases de datos de facturación. Es necesario iniciar, comprobar y almacenar la información que nos permita una planificación adecuada. Desgraciadamente no es usual disponer de una base de datos larga, completa y fiable, ya sea para todo el conjunto de usuarios o para una muestra representativa que permita el seguimiento de la evolución de los consumos. El Canal de Isabel II dispone de dichas series desde el año 1.977.

El análisis del resto de usos que engloba el abastecimiento urbano, se ha realizado con el mismo criterio de desagregación espacial y por intervalos de consumo. En el futuro, la necesidad de profundizar en las variables explicati-

Gráfico 6



Actualmente, el Canal de Isabel II abastece a 129 municipios de la Comunidad de Madrid, que representan una población aproximada de 4.700.000 habitantes

vas que rigen la demanda de agua, requerirá una desagregación mas amplia por tipos: las actividades económicas de una ciudad precisará su desagregación por sectores no siempre coincidentes con los tradicionales que identifican dichas actividades económicas; y para las que se proponen los sectores ligados a la industria, comercial, oficinas y hostelería. Por otra parte se encuentra la demanda de agua asociada a los equipamientos, ya sean públicos o privados, cuyos sectores mas representativos son la enseñanza, la sanidad y los deportivos. Por último, completan las demandas de agua en las ciudades los relacionados con los usos municipales, que están formados fundamentalmente por los riegos de parques y jardines, baldeo de viales, fuentes ornamentales y los asociados a la limpieza del alcantarillado.

El futuro.

El punto de partida.

Actualmente, el Canal de Isabel II abastece a 129 municipios de la Comunidad de Madrid, que representan una población aproximada de 4.700.000 habitantes y supone el 96% del total. Para ello cuenta con una infraestructura formada por 14 embalses, con un volumen total de 945 Hm³, y una capacidad máxima de extracción de aguas subterráneas de 3.350 l/seg. Las grandes conducciones suman cerca de 500 Kms. de longitud y la red de distribución supera los 5.800 Kms. Completan las principales infraestructuras diez

estaciones de tratamiento de agua potable, con una capacidad conjunta de 43 m³/seg., 20 grandes depósitos con un volumen total de 2.615.000 m³, y 16 estaciones elevadoras con una potencia total instalada próxima a los 45.000 Kw. (Gráfico 8).

El consumo en la Comunidad de Madrid alcanzó su máximo en el año 1.991 con un volumen de 590 Hm³, disminuyendo en 1.992 como consecuencia de las medidas adoptadas con motivo de la situación de sequía existente y de la recesión económica actual.

La garantía de abastecimiento fijada como objetivo es de suministro del 100% de la demanda el 96% de los años, y del 91% de la demanda el restante 4% de los años; objetivo fijado por el Canal de Isabel II que es ligeramente más restrictivo que el propuesto para el Plan Hidrológico del Tago, al que habrá que adaptarse cuando entre en vigor el citado Plan.

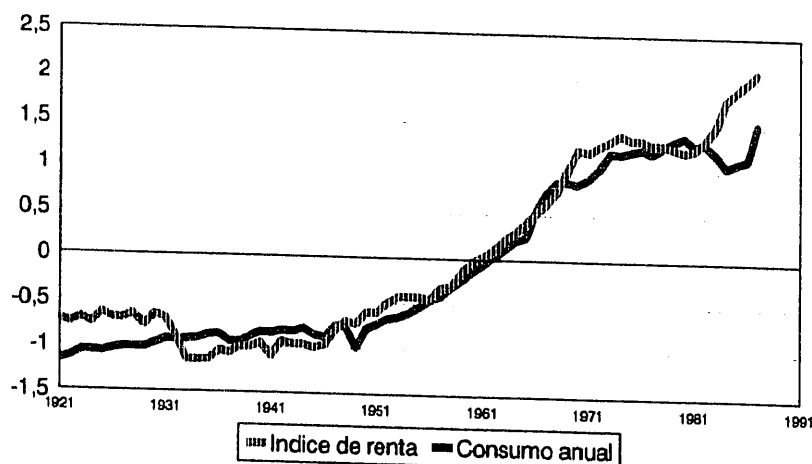
La incertidumbre de la demanda futura obliga a ser conservadores en su cuantificación y, por lo tanto, en la previsión y reserva de recursos, pero pragmáticos en la realización de las infraestructuras que solucionan los problemas. El punto de conexión de estas dos situaciones lo constituye el planeamiento urbanístico de la ciudad.

Existe una correspondencia biunívoca entre la actividad urbanística y la demanda de agua. Simplificadamente puede decirse que la demanda a medio plazo es la suma del consumo actual, más el incremento derivado del aumento de las dotaciones unitarias, más el debido a la actividad urbanística programada en los planes generales de ordenación de la ciudad. La primera variable -el incremento de las dotaciones unitarias- solamente tiene solución con la metodología analítica aplicada al consumo urbano antes citado. La segunda variable es la aplicación de esas dotaciones unitarias al desarrollo programado en los planeamientos urbanos de la ciudad. A tal fin, debe existir una coordinación adecuada entre los organismos responsables de la ordenación del territorio y del abastecimiento de agua. (Gráfico 9).

En las grandes ciudades se establece una correlación entre las diferentes fases del planeamiento urbano y las redes que componen el sistema de abastecimiento: el planeamiento general se corresponde con la red arterial que suministra el

Gráfico 7

Consumo anual e Índice de Renta per cápita



agua desde las aducciones a las zonas de demanda; el primer desarrollo del plan general -programas de actuación urbanística, planes de reforma interior, etc.- tiene una repercusión directa sobre las redes de transporte del sistema de abastecimiento, entendiendo por dichas redes las que, sin soportar acometidas de usuarios, conectan las redes arteriales con la red mallada y por último, la segunda fase del desarrollo urbano -planes parciales, estudios de detalle, etc.- repercuten sobre la red mallada, que es aquella que soporta las acometidas a los usuarios.

El punto conflictivo de esta relación, que impide una planificación idónea del desarrollo de las redes de distribución, se encuentra en la falta de normativas que den solución a la financiación de dichas infraestructuras. Solamente la red mallada, incluida dentro del ámbito del planeamiento, tiene una solución clara; las infraestructuras exteriores al ámbito geográfico de la actuación urbanística, al repercutir sobre diversas actuaciones con desarrollos no coincidentes en el tiempo, provocan un problema de coordinación que en estos momentos no está resuelto. Prácticamente el origen de los problemas de redes de distribución en las grandes ciudades se debe a este punto conflictivo y los resultados se traducen en una red mallada adecuada y la insuficiencia de red de transporte y red arterial, que provoca un servicio deficiente en caudales y presiones. Cualquier solución que se adopte, y que existe, necesita un marco reglamentario adecuado.

Los recursos

Los horizontes temporales de los Planes Hidrológicos, 10 y 20 años, no son suficientes cuando se trata de reserva de caudales para el abastecimiento a grandes poblaciones, como es el caso de Madrid. El agotamiento de los recursos en entornos susceptibles técnica y económicamente de

ser aprovechados, obligan a una planificación más ambiciosa que impida, en un futuro no lejano, reasignaciones de usos de altísimo coste, no sólo económicos sino sociales.

El abastecimiento a la Comunidad de Madrid, de acuerdo con los estudios de planificación realizados en 1.989, requería el incremento de la capacidad de embalse en los ríos Jarama y Sorbe, y aumentar la capacidad de trasvase desde el Alberche. El horizonte temporal de estas necesidades se dataron para el año 2.000. El período de ejecución de estas infraestructuras exige su inicio material antes de 1.995 para contar con su puesta en explotación antes del año 2.000.

Para el horizonte del Plan Hidrológico -año 2.012- es necesario incrementar la regulación en el Alberche y reservar todas sus aportaciones para el abastecimiento de agua a Madrid y poblaciones actualmente dependientes de este río. El incremento de regulación se cifra en unos 200 Hm³, que en principio, y a falta de estudios de detalle, pueden resolverse con los embalses de Venta del Obispo y Morisco, aguas arriba del existente de El Burguillo.

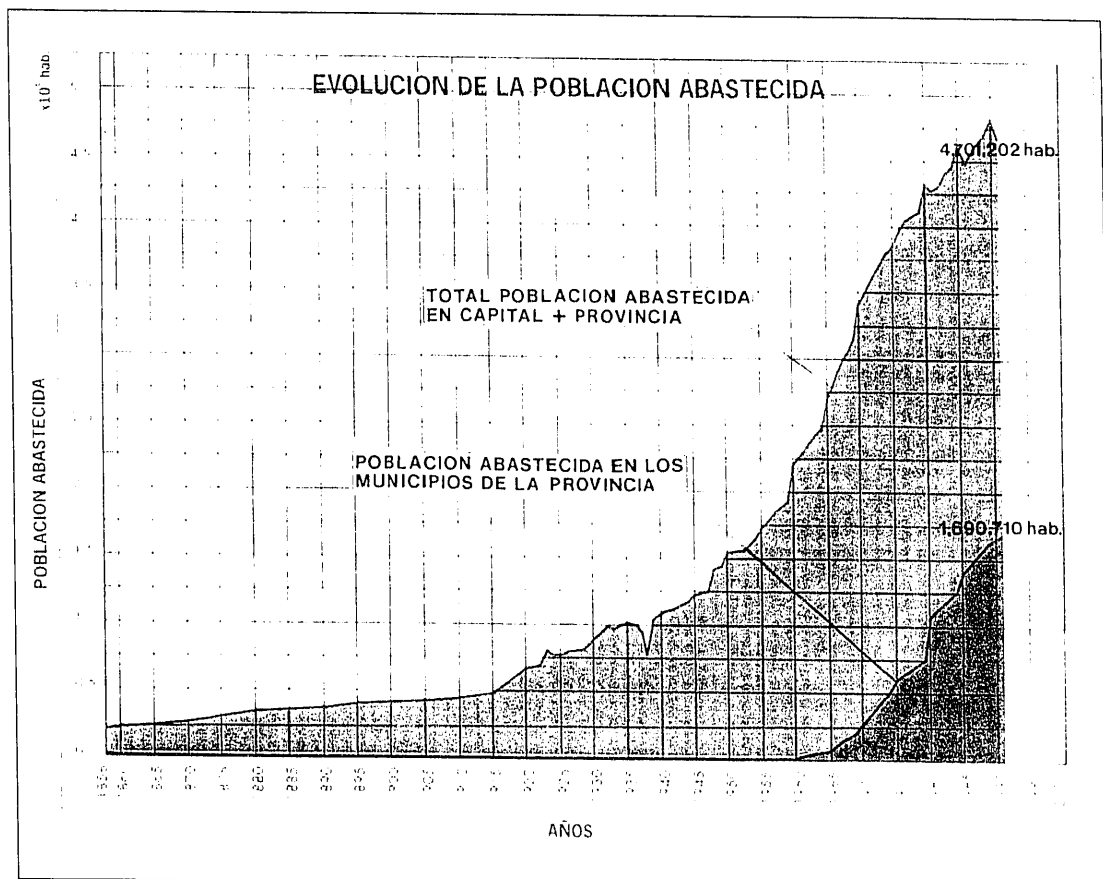
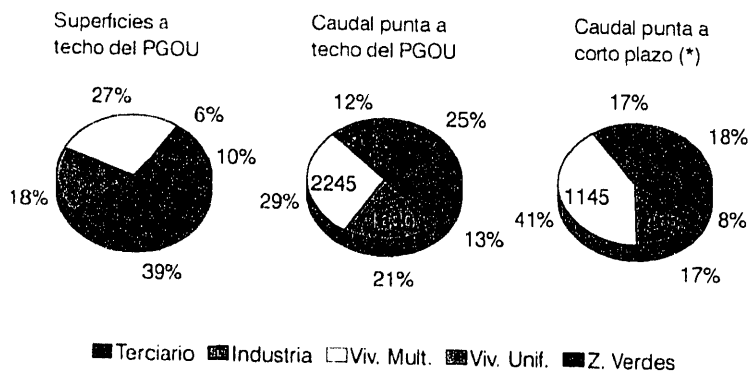


Gráfico 8

Incrementos de demanda según el PGOUM-85



* Según solicitudes al CYR

Gráfico 9

La asignación de recursos para el abastecimiento de Madrid queda agotada una vez ejecutadas estas infraestructuras. Posteriormente, el abastecimiento a Madrid, si el incremento de la demanda así lo requiere, queda en manos de transferencias desde otras cuencas que deberían tenerse en cuenta en el Sistema Integrado de Equilibrio Hidráulico Nacional establecido en el Anteproyecto del Plan Hidrológico Nacional.

En cuanto a las aguas subterráneas, las directrices del Plan Hidrológico del Tajo proponen la reserva de una amplia zona del acuífero de Madrid para el abastecimiento de la población. El Canal de Isabel II está ejecutando en la actualidad su programa de nuevas captaciones que incrementarán los recursos subterráneos existentes hasta un total de 5.000 l/seg. de capacidad nominal. Las características del acuífero de Madrid le hace idóneo para su utilización discontinua, en situaciones de sequía. Su consideración de reserva estratégica, sin que se contabilice como recurso en los balances hidráulicos, constituye una de las peticiones de la empresa de abastecimiento al organismo de cuenca.

Las aducciones

Las aducciones de agua al área metropolitana de Madrid se concentran en dos vías: los recursos del norte -canales del Atazar, Alto, Bajo y Santillana- con una capacidad total de 30 m³/seg.; y los del oeste -canales de Valmayor y Picadas- que reúnen un total de 10 m³/seg. aproximadamente.

El Sistema Oeste, que incluye los caudales del Guadarrama y el Alberche, se verá próximamente reforzado por la nueva conducción de San Juan - Valmayor, de 6 m³/seg. de capacidad.

Con el Alberche reservado para el abastecimiento, principalmente de Madrid, existe un desequilibrio claro entre los recursos del norte y el oeste, cuyos porcentajes en aportaciones medias son del 56% y 44% respectivamente, frente a la capacidad de aducción y tratamiento que están repartidos en la proporción 75% y 25%.

A largo plazo, en función de la evolución de la demanda, será necesario corregir el desequilibrio existente incrementando la capacidad de tratamiento de agua y de aducción desde el embalse de Valmayor en un mínimo de 4 m³/seg., que deberá concretarse en los estudios de detalle que se están realizando actualmente.

La nueva aducción desde Valmayor precisa su conexión con las infraestructuras que componen el anillo de circunvalación de Madrid; lo que permitirá aprovechar no solamente la cota Valmayor, sino la imprescindible interconexión de los recursos del norte y el oeste. A fin de conseguir estos objetivos, será necesario, por una parte hacer reversible el Sifón del Pardo, que conecta el Depósito de El Goloso con el nudo de Majadahonda, y por otra parte, ejecutar una nueva conducción en el Oeste que una Valmayor con el sur del área metropolitana, a la altura del Depósito de Getafe. (Gráfico 10).

Grandes arterias

El crecimiento de Madrid en las últimas décadas ha provocado un desequilibrio entre las zonas de demanda y las aducciones que las abastecen. La consecuencia de este desequilibrio se traduce en la baja utilización de algunos aductores (Canal de Santillana y Canal Alto) y la alta ocupación de otros (Canal de El Atazar). La holgura existente actualmente entre la capacidad de aducción (40 m³/seg.) y el caudal máximo diario registrado (28,1 m³/seg.), contrasta con los índices de ocupación de cada uno de los seis aductores al área metropolitana.

La topografía madrileña precisa una reasignación de zonas de demanda que incremente la utilización de los aductores que sitúan el agua a cotas mas bajas, liberando los caudales de los más

Las directrices del Plan Hidrológico del Tajo proponen la reserva de una amplia zona del acuífero de Madrid para el abastecimiento de la población

altos. Por otra parte, las conexiones existentes entre los depósitos de regulación permiten una gran flexibilidad en caso de incidencias. Las grandes arterias previstas por el Canal de Isabel II dentro del área metropolitana persiguen el objetivo de equilibrar las zonas de demanda.

El abastecimiento al Corredor del Henares con aguas provenientes del Canal de Santillana a través del depósito de Hortaleza, permitirá liberar en el futuro al Canal de El Atazar de un caudal medio máximo de 2 m³/seg. Asignar la zona de Alcobendas, San Sebastián de los Reyes, Paracuellos y algunos barrios del noreste de la capital a la ya iniciada arteria del Eje de la N-I permitirá el doble abastecimiento de una población de más de 250.000 habitantes y descargar al Canal de El Atazar a favor del infrautilizado Canal Alto.

El incremento de la zona de demanda del Canal Bajo y la impulsión desde el 2º y 3º Depósito al 4º Depósito servirá para aumentar la utilización del citado canal. La alimentación desde el 4º Depósito a la denominada zona de Retamares -Carabanchel y Usera principalmente- mediante el refuerzo de la Arteria de la Casa de Campo-, incrementará el uso del Canal Alto. Por último, completar el eje Malmea - Vallecas servirá para descargar la casi colapsada Arteria Principal del Este, permitiendo, cuando así lo requiera la explotación, el transporte del agua al sur de Madrid.

Red de transporte

El análisis de los consumos de agua en Madrid detectan zonas con un nivel de gasto de agua sensiblemente inferiores a la media madrileña. El progresivo incremento de nivel de vida, junto

con el cambio de hábitos de la población, provocará un incremento de la demanda de agua en dichas áreas. El aumento del consumo de agua en zonas urbanísticamente consolidadas tiene su principal reflejo en la insuficiencia de la red de transporte, que se traduce en grandes oscilaciones de presión a lo largo del día, con el consiguiente deterioro de la calidad del servicio. (Gráfico 11).

El seguimiento en continuo de la evolución del consumo de agua en las distintas zonas, y la adecuada planificación de la red de transporte, es la única solución que permite mantener la calidad del servicio, evitando el colapso de las infraestructuras. En este aspecto, la planificación debe ser continua, evitando horizontes a largo plazo que puedan conducir a grandes errores en cuanto a la evolución real de la demanda de agua. Los relativamente cortos plazos de ejecución de estas infraestructuras permiten optimizar las inversiones con unos niveles de riesgo asumibles. A tal fin el Canal de Isabel II dispone de modelos matemáticos que permiten simular los distintos escenarios

Gráfico 10

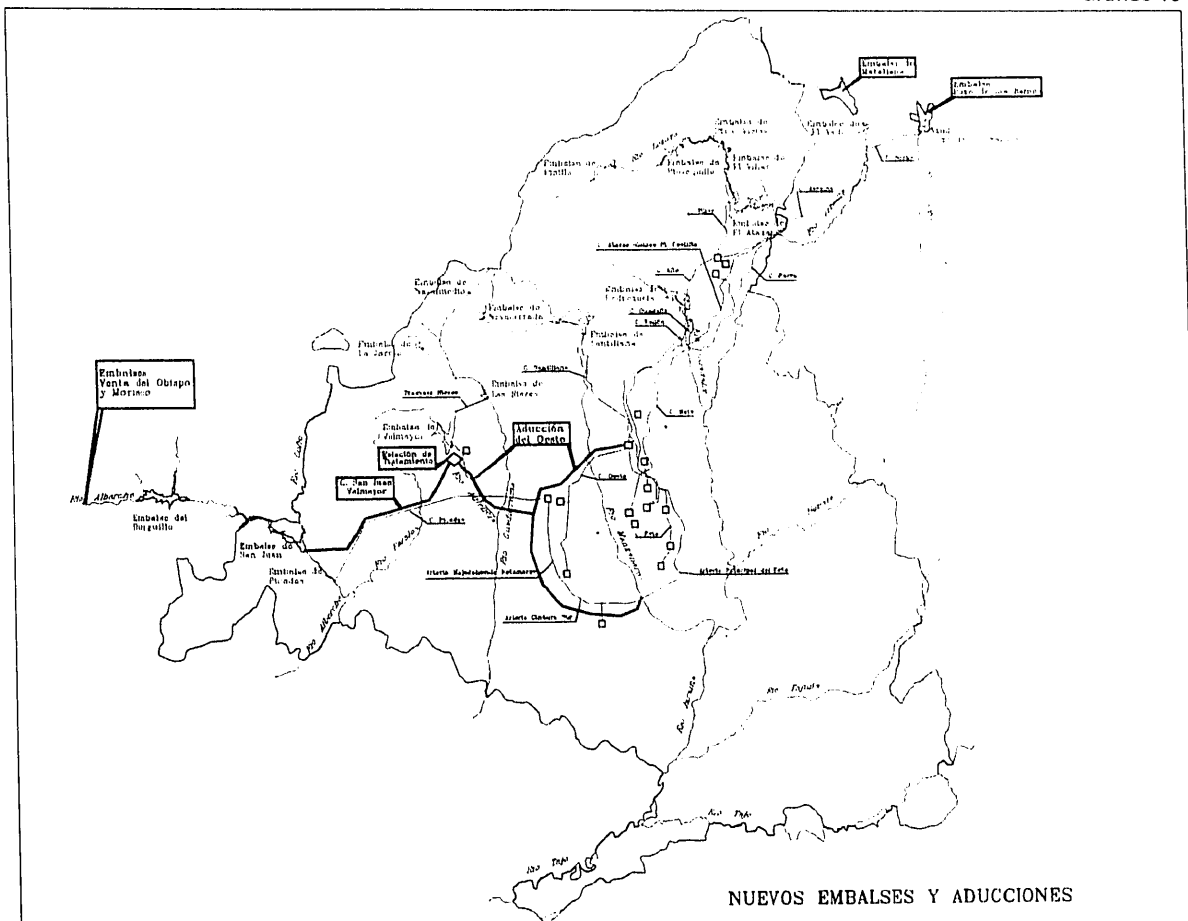
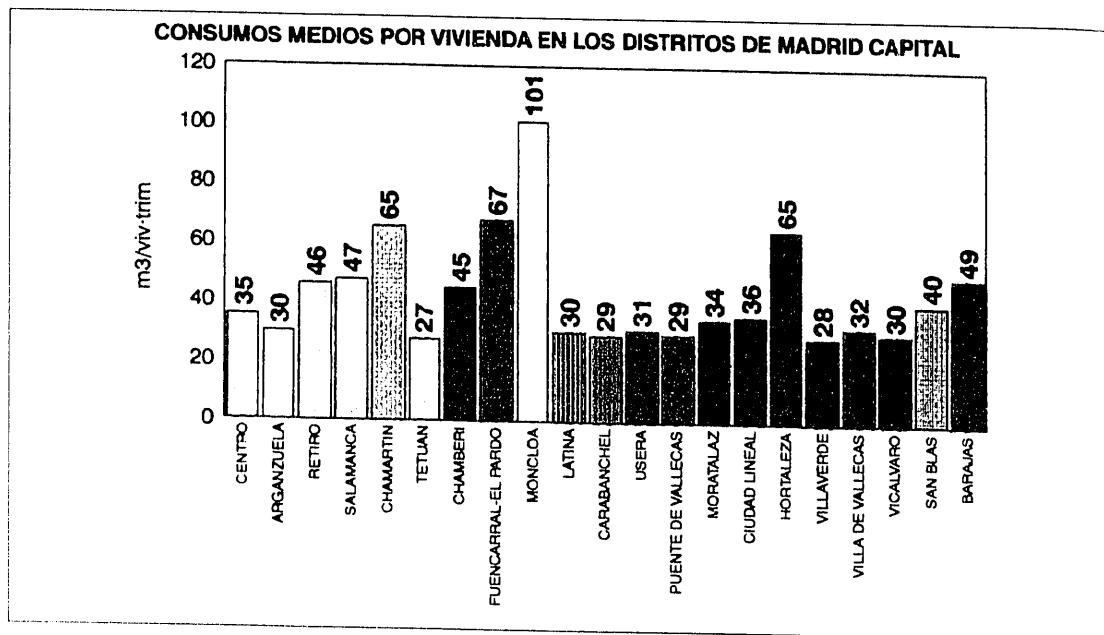


Gráfico 11



y actuar con la suficiente antelación para evitar el deterioro del servicio.

Flexibilidad del abastecimiento frente a incidencias

La garantía del abastecimiento no sólo debe asegurarse en condiciones normales de explotación. La previsión de alternativas de suministro frente a incidencias de cualquier tipo es un objetivo permanente en el Canal de Isabel II.

El grado actual de interconexión de aducciones en el abastecimiento al Área Metropolitana le confiere una adecuada flexibilidad. Sin embargo, se detectan dos zonas: el noreste (Alcobendas y San Sebastián de los Reyes) y el este (municipios situados en el Corredor del Henares), que presentan posibles riesgos de desabastecimiento en caso de incidencias en las arterias que les suministran el agua. Dos de las grandes arterias previstas para equilibrar áreas de demanda, resuelven simultáneamente la alternativa de abastecimiento en las dos zonas citadas.

En los restantes Sistemas Hidráulicos de la Comunidad de Madrid, se han previsto interconexiones con el doble objetivo de flexibilizar la explotación y reforzar la aducción en caso de que la evolución de la demanda así lo precisara.

En el Sistema Casrama se ha previsto incrementar los recursos del Manzanares hasta 1,5

m³/seg., y desde Valmayor en 1 m³/seg., utilizando la futura conducción que une los depósitos de Reunión y Pino Alto.

En el Sistema Torrelaguna, se prevé la conexión desde el Eje de la N-I con la conducción principal del Sistema, a la altura de Algete. Asimismo se ha previsto una regulación supramunicipal mediante el Depósito Cerro del Rayo, con una capacidad de 50.000 m³.

En el Sistema Arganda se han programado dos aducciones: desde el Cerro de Almodovar, mediante el eje de la N-III, y desde la futura conducción de Almoguera-Aranjuez.

El horizonte temporal de estas infraestructuras vendrá marcado por la evolución de la demanda en cada zona y las necesidades de incrementar la garantía de abastecimiento frente a incidencias.

Por último, está en fase de estudio las necesidades de infraestructura, dentro del área metropolitana, para incrementar la flexibilidad de explotación creando alternativas de suministro mediante la conexión entre zonas de demanda, aguas abajo de los depósitos de regulación.

Resumiendo, las previsiones de infraestructuras del Canal de Isabel II, a corto, medio y largo plazo, permiten asegurar, no solamente la garantía de abastecimiento fijada como objetivo, sino un incremento en la flexibilidad de explotación que redundará en la calidad del servicio. ■