

TECNOLOGÍA Y ARQUITECTURA INDUSTRIAL EN DEPURADORAS*

Miguel Aguiló Alonso.
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Antonio Sarabia Álvarez Ude.
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

RESUMEN

En 1984 la Comunidad de Madrid presenta el Plan Integral del Agua en Madrid y encarga al Canal de Isabel II de su puesta en marcha. En 1986 se comenzaba la explotación de las cinco primeras depuradoras. Diez años después el Canal de Isabel II tiene en explotación 60 depuradoras de aguas residuales, en cuya construcción se han invertido 36.000 Mptas. Desde el proyecto se cuidaron especialmente la implantación general y el diseño de los edificios y de los elementos auxiliares. Se desarrollaron criterios formales de trabajo y se buscó la colaboración de arquitectos junto a los tecnólogos y los constructores. En las depuradoras hay un orden común que se manifiesta en la disposición en planta, en el ajuste al entorno y en la utilización de códigos visuales unificados entre edificios, equipos y elementos complementarios de urbanización. Los autores presentan una detallada descripción de estas instalaciones que combina procesos tecnológicos y soluciones formales.

ABSTRACT

In 1984 the Government of the Comunidad de Madrid launched his program PIAM Integrated Plan for Water Resources Reclamation in the Madrid Region. The Canal de Isabel II was committed to implementing it. In 1986 five waste water purification plants were already in operation. Ten year later the Canal de Isabel II is operating about to plants and has invested Pts. 36.000 millions. Their layouts and the design of their buildings and their auxiliary facilities were carefully considered from de project stage. Formal designs criteria were prepared and implemented by the joint effort of architects, technicians and builders. The result is a common conceptual reality that materialised in the layouts but also in the use of significant visual attributes for buildings, equipment containers, auxiliary facilities and urbanisation, all of which fits well into the environment. The authors present a detailed description of this waste water plants both in technical processes and formal solutions.

1. ANTECEDENTES Y ACTUACIONES

El año 1981 marca el comienzo de la depuración de aguas residuales en Madrid, a una escala proporcionada con la magnitud de la contaminación producida por la ciudad. Anteriormente existían varias depuradoras que, en conjunto, no producían mejoras apreciables de la calidad del agua del Manzanares, fundamentalmente por tratarse de actuaciones parciales.

El Ayuntamiento de Madrid se vió sólidamente respaldado a partir de las primeras elecciones municipales de 1979 y comenzó el Plan de Saneamiento Integral de Madrid en julio de 1981, con la adjudicación de varios colectores y cinco depuradoras: La China, Rejas, Valdebebas, Viveros y Butarque. El PSIM aprobó un recargo en el recibo del agua con cuya recaudación se financiarían las obras y se operarían las depuradoras.

En los demás municipios de la Comunidad de Madrid la situación era bien distinta. En casi todos ellos, los Ayuntamientos carecían de equipos técnicos especializados y no tenían suficiente capacidad financiera para acometer grandes inversiones. Las pocas depuradoras construidas nunca llegaron a funcionar y presentaban un estado de abandono, con muy pocas excepciones. Por otra parte, la presión ciudadana era escasa, al no haberse generalizado todavía una conciencia ecológica exigente.

En 1984, se publicó el libro *El Agua en Madrid*, un verdadero libro blanco que sirvió de base a la planificación hidráulica de la región y la consolidó con la planificación urbanística. El efecto de los usos del agua divide la Comunidad de Madrid en tres franjas paralelas al Tajo: la franja productora al norte, en la cual se ubican los embalses y precisa protección, la franja central donde se ubica el consumo y queda privada de caudales circulantes en los ríos, y la franja receptora de vertidos, con

graves problemas de contaminación y deterioro de riberas. Ya entonces, la contaminación de los ríos era considerada como el problema hidráulico más acuciante de la región.

En 1983 se constituyó la Comunidad de Madrid y se comenzó la redacción del Plan Integral del Agua en Madrid, PIAM, que es aprobado a finales de 1984 tras un debate técnico, político e institucional que proporcionó un amplio grado de consenso y estableció claramente la viabilidad del plan.

El PIAM comprendía una serie de medidas de coordinación, legislación y gestión, y cuatro programas de inversión: en abastecimiento, redes municipales, reducción de la contaminación y recuperación de las márgenes de los ríos. El programa de reducción de la contaminación recogía las más de 120 obras de emisarios y depuradoras necesarias para alcanzar los niveles programados de calidad del agua en los ríos de la Comunidad de Madrid. El marco jurídico apropiado para el desarrollo del PIAM estaba contenido en la Ley de Abastecimiento y Saneamiento de Agua, aprobada por unanimidad de la Asamblea de Madrid en diciembre de 1984.

El PIAM se redactó partiendo de unos objetivos de calidad definidos en función de los usos de abastecimiento, agrícolas, recreativos, etc., previstos para cada tramo de río. Los tramos altos, que vertían en los embalses utilizados para abastecimiento, tenían una mayor exigencia de calidad y obligaban a mayores tratamientos de las aguas residuales de los núcleos urbanos en ellos situados. Los tramos bajos tenían objetivos menos ambiciosos, pero prevenían vertidos asimilables por la capacidad de autodepuración de los ríos. También definió cómo se agrupaban los vertidos de los diferentes núcleos urbanos para conseguir unas instalaciones de depuración más efectivas y de menor costo.

En 1986 se comenzaron las cinco primeras depuradoras definidas por el PIAM en Colmenar Viejo, Arganda, Torrejón-Coslada-San Fernando, Móstoles y Villalba, y se generalizó el proceso de diseño y construcción. Desde el principio del proceso, se cuidaron especialmente los problemas de disposición en planta y de diseño de edificios y elementos auxiliares. Se desarrollaron criterios formales de trabajo y se buscó la colaboración de arquitectos para la redacción de los proyectos y las direcciones de obra.

La colaboración de los arquitectos se centró en tres puntos críticos: la disposición general de la

Tabla 1. DEPURADORAS CON TRATAMIENTOS ESPECIALES

NITRÓGENO	FÓSFORO	NITRÓGENO Y FÓSFORO
Guadalix	Los Escoriales	El Chaparral
Bustarviejo	Santillana	Miraflores
Navalafuente	Pinilla	Riosequillo
	Puentes Viejas	Robledo
	Picadas	El Endrinal
	Navarrosillos	

Tabla 2. TECNOLOGÍAS DE DEPURACIÓN

TRATAMIENTO	METROPOLITANAS	8	SUBURBANAS	23	LOCALES	27
PRIMARIO	FÍSICO QUÍMICO	7	FÍSICO QUÍMICO	9		—
SECUNDARIO	FANGOS ACTIVADOS	8	FANGOS ACTIVADOS	14	AERACIÓN PROLONGADA	6
			BIODISCOS	2	BIOTAMBORES	5
			CANALES DE OXIDACIÓN	7	LECHOS BACTERIANOS	2
					LECHOS TURBA	10
					FILTROS VERDES	4
FANGOS	DIGESTIÓN ANAEROBIA	6	DIGESTIÓN	3		
		6	ANAEROBIA	3		
	INCINERACIÓN	2	CENTRIFUGACIÓN	8		
	FILTRO BANDA	7	FILTRO BANDA	15	FILTRO BANDA	2
	ESTABILIZACIÓN AEROBIA	1	ESTABILIZACIÓN AEROBIA	14	ERAS DE SECADO	4
TERCIARIO	FILTRACIÓN	1		—		

planta, el diseño de edificios y elementos arquitectónicos, y el apoyo a la dirección de obra en materiales y acabados. Fue muy fructífera en la disposición en planta, desigual en el diseño de edificios y estuvo muy condicionada por los ajustados plazos en la dirección de obra.

2. DEPURADORAS ANALIZADAS

En los diez años transcurridos desde la aprobación del PIAM, el Canal ha proyectado, construido y tiene en explotación 60 depuradoras de aguas residuales, con una inversión de 38000 Mpts. Actualmente se está tratando un volumen de agua residual menor que el instalado, pero con mayor carga contaminante, lo que sucede también en el ámbito del PSIM. La reducción media de la DBO es del 91% (22 mg/l en el efluente) y la de sólidos suspendidos es del 92% (20 mg/l en el efluente).

En general, las depuradoras construidas responden a las características territoriales e hidráu-

cas de la Comunidad de Madrid, tal como fueron analizadas primero en el libro El Agua en Madrid y pormenorizadas después en el PIAM. Los problemas particulares de las áreas de producción, consumo y vertido hidráulico se cruzan con los aspectos poblacionales, dando lugar a diferentes necesidades tecnológicas.

De acuerdo con todo ello, los núcleos del área productora, con población estacional y vertido a los embalses, precisaron tratamientos más completos (Tabla 1) para eliminar el fósforo y el nitrógeno, que son los elementos causantes de la eutrofización de los embalses. Además, los tratamientos deben ser lo suficientemente flexibles para adaptarse con efectividad a las grandes variaciones de caudal y carga contaminante producidas por el incremento de población veraniega.

Por su parte, los núcleos del área metropolitana, donde se produce la mayor parte del consumo, suelen poseer una gran concentración industrial. Sus vertidos son muy contaminantes y requirieron tratamientos específicos de neutralización. Por último, en los núcleos más pequeños fué posi-

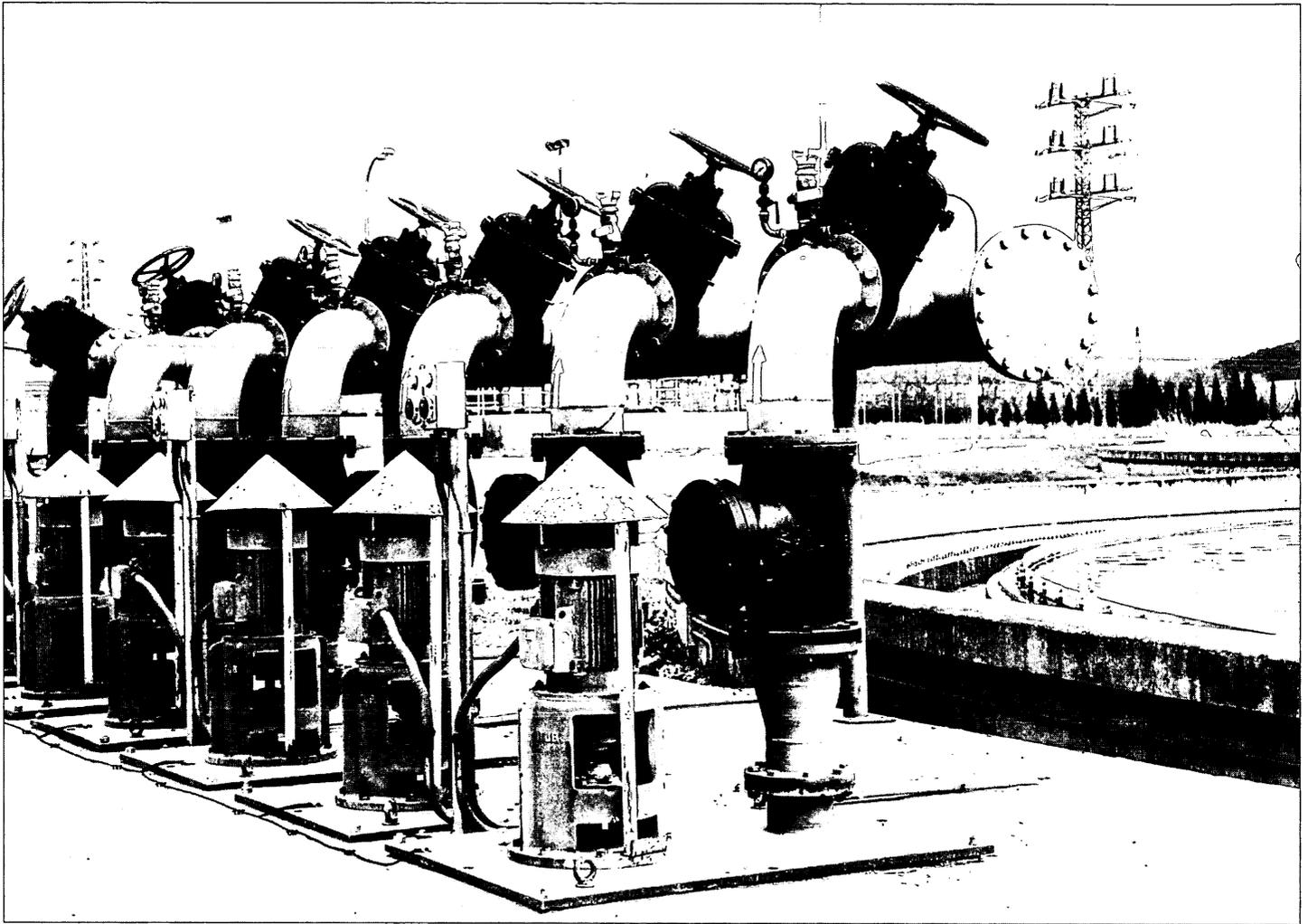


Figura 1. Alcalá Industriales.

ble realizar tratamientos simplificados, de menor coste energético y de características totalmente distintas a las anteriores.

Para tener en cuenta esta diversidad de situaciones y las diferentes tecnologías (Tabla 2), se ordenan las depuradoras en tres grandes grupos, atendiendo a su tamaño y a la tecnología utilizada:

▼ Depuradoras Metropolitanas, que tratan las aguas residuales de los principales núcleos de población situados en el área metropolitana, y se caracterizan por ser grandes instalaciones, diseñadas para un elevado número de habitantes equivalentes.

▼ Depuradoras Suburbanas, que agrupan vertidos de uno o varios núcleos residenciales de la Comunidad de Madrid, y son instalaciones de tamaño medio.

▼ Depuradoras Locales, con tratamientos simplificados y adaptados a su especial ubicación en las zonas de protección de embalses o en zonas de vertido menos comprometido.

3. CONVIVENCIA DE ARQUITECTURA Y TECNOLOGÍA

Habitualmente se supone que el quehacer ingenieril tiene una expresión formal necesariamente derivada de la función de lo que se construye. Al lado, o muy cerca, de esos artilugios ingenieriles (Fig. 1) se precisan contenedores espaciales de actividad (Fig. 2) que no evidencian necesariamente ninguna función específica. Eso plantea un primer problema de convivencia que es preciso afrontar y frente al cual caben dos posturas extremas:

La más activa propugna extender el diseño propio de los contenedores a los elementos fun-

cionales de la instalación. Con ella, el lenguaje expresivo del diseñador intenta prolongarse en los elementos esenciales del proyecto, aquéllos que dan lugar a su existencia, y penetrar por diversos resquicios o flancos débiles que suelen ser elementos complementarios de la función esencial, compartidos por equipos o instalaciones de diversa naturaleza. Ejemplos típicos son las barandillas, las escaleras, los huecos de los edificios, etc.

Por el contrario, la postura más pasiva se caracteriza por la utilización de estándares impersonales pretendidamente objetivos para los elementos esenciales, que convive con una dejación o 'no diseño' de los contenedores, abandonados a la rutina del quehacer constructivo. La confección de este tipo de proyectos se caracteriza por un empleo indiscriminado del archivo de soluciones ya utilizadas y el abuso de la fotocopiadora, dando lugar a voluminosos documentos de escaso atractivo.

Como superación de estas posturas, y de mucho mayor interés, es la instauración de un orden común a elementos esenciales y no esenciales, que dote al conjunto de una unidad perceptible. En las instalaciones o conjuntos así planteados, el interés aumenta de inmediato, al relacionarse todos los elementos con esa idea común, susceptible de apreciación crítica y de perfeccionamiento en actuaciones posteriores. En las estaciones depuradoras, ese orden o idea común se puede materializar, fundamentalmente, en la disposición en planta, en el ajuste al entorno, y en la utilización de códigos visuales unificados entre edificios, instalaciones, equipos, elementos complementarios y detalles de la urbanización de la parcela.

En las depuradoras del Canal se optó por formalizar ese orden común, organizando la planta de la instalación de forma que los elementos similares queden agrupados. Ello requiere una pronta intervención del diseño en el proyecto tecnológico y puede significar una alteración del esquema general de flujo de la instalación. Lo primero es deseable y lo segundo es menos grave de lo que pudiera parecer a simple vista.

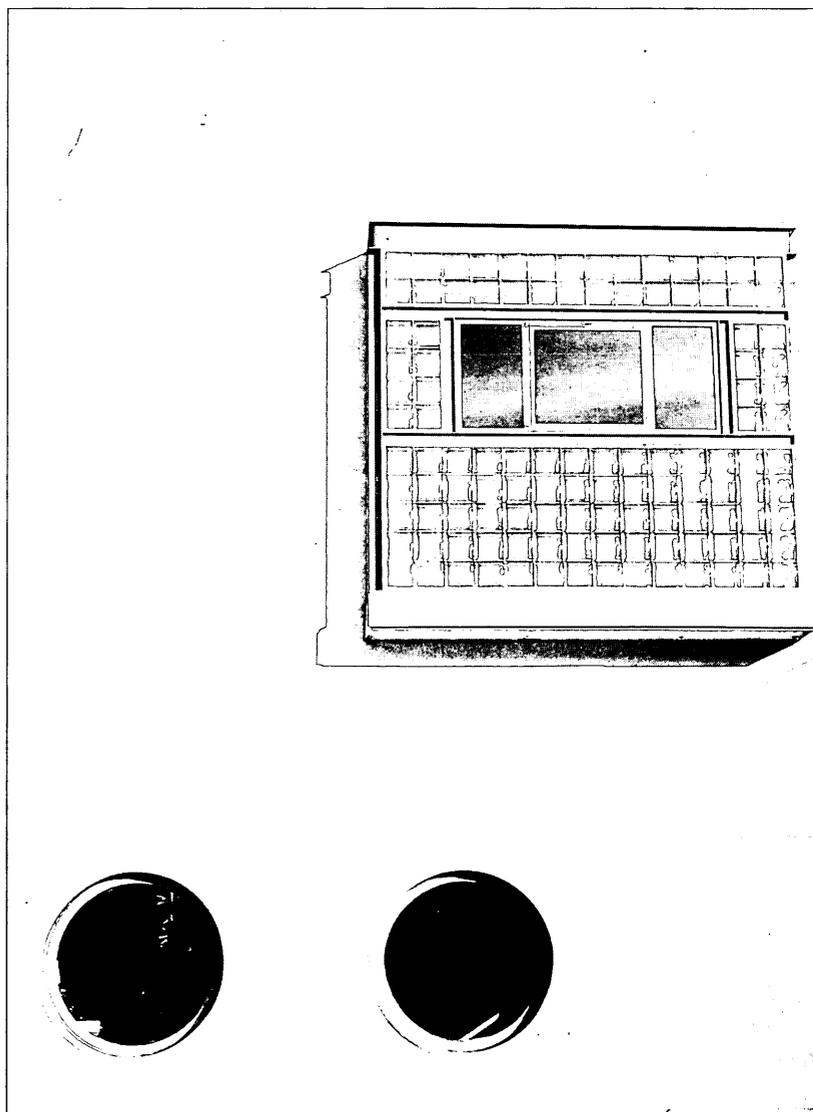
En efecto, la traducción literal de un esquema de flujo en una realidad física puede originar instalaciones desmesuradas o un despilfarro del terreno necesario, pues la sucesión tecnológica de los diferentes procesos proporciona una serie de equipos e instalaciones que, en la práctica, no tienen por qué disponerse en línea. Caben soluciones muy diferentes y, del examen de las de-

puradoras del Canal, surge la evidencia de que, cuanto más modernas son las depuradoras, menos literal es la traducción de los esquemas de flujo a las disposiciones en planta de equipos e instalaciones. De forma general, las depuradoras más modernas son las más compactas, requiriendo menos espacio para similares volúmenes de agua tratada.

4. LAS DEPURADORAS EN EL PAISAJE

El ajuste de las depuradoras a su entorno es muy dependiente del tipo de paisaje donde se ubica la depuradora. En paisajes industriales, por ejemplo, con intervenciones de todo tipo, las depuradoras se insertan con naturalidad y los tan-

Figura 2. Cuenca Media del Guadarrama.



ques, depósitos, chimeneas o tolvas encuentran cómodamente su lugar. En algunos casos, como en Colmenar Viejo, situada al borde de un polígono, incluso ennoblecen el paisaje urbano industrial gracias a su cuidadoso diseño.

En entornos rurales el ajuste es más difícil. La rígida delimitación generada por el perímetro de la parcela, vallado y de forma regular, tiene tanta incidencia como el carácter y diseño de los edificios. En terrenos algo abruptos o movidos, la necesidad de nivelar los solares genera además terraplenes y desmontes a lo largo del perímetro que separan la planta de su entorno, destacando claramente la superficie plana de las formas naturales del terreno. La ausencia de referencias próximas de otras parcelaciones o vallados puede destacar aún más lo artificioso de la parcela, como en la depuradora del embalse de Pinilla, situada entre la orilla del embalse y una fresneda, sin ninguna referencia ortogonal en que apoyarse.

En paisajes de carácter mixto, como en Arganda, los problemas se atenúan. Allí, los cantiles del Jarama contrastan con las industrias situadas en la vega. La depuradora está situada entre la carretera y el río, en una franja que mantiene a duras penas su carácter rural. Su límite norte, ortogonal al río, es la vía del ferrocarril en la que se apoyan cómodamente la parcela y su camino de acceso. El ferrocarril atraviesa el río por un puente metálico bastante conspicuo que actúa como punto de apoyo de la depuradora respecto de la orilla. En San Fernando, la depuradora está también entre el río y la carretera, y linda por su lado más largo con la tapia del cementerio. En Móstoles, la alargada parcela se encaja en el cauce del río, entre dos caminos paralelos.

Las grandes parcelas se sitúan por sí mismas, son tan conspicuas que precisan de pocos apoyos para sujetarse al río. Tienen suficiente fuerza para orientar a su entorno o, por lo menos, colocarse cómodamente en él. En Villalba, el cambio introducido en el terreno original es sustancial y ahora la depuradora domina el paisaje circundante. En Móstoles, la depuradora ocupa todo el cauce del Arroyo del Soto, robándole su papel y convirtiéndose en protagonista del lugar.

Las plantas más pequeñas precisan de ayudas suplementarias. La depuradora de Buitrago, situada en un entorno muy urbanizado, se ayuda de un gran muro curvo que sigue la orilla del embalse de Puentes Viejas y que da la réplica a las murallas de la ciudad situada en la otra orilla. En otros casos, la orientación y la pendiente general del ter-

no pueden ser de gran ayuda. En Santillana, la gradación de alturas de los decantadores y el juego volumétrico de los edificios mantienen el carácter impuesto por la suave pendiente del terreno original, entre la carretera de Soto a Manzanares y la orilla del embalse. En Miraflores, la situación es similar, también las vistas son magníficas y, además, la jardinería de la planta está cuidadosamente diseñada, por lo que el resultado es excelente. Bustarviejo, en cambio, está en una hondonada dentro de un territorio de menor interés.

En algunos casos la construcción de la depuradora ha servido para la recuperación de toda la zona. La depuradora de Alcobendas acometió también la recuperación de las márgenes del Arroyo de la Vega, tradicionalmente utilizado como basurero, la construcción de una isla artificial y la repoblación vegetal de toda el área. En Villalba, se practicó un fuerte desmonte en terreno rocoso, que proporciona un limpio frente de granito como límite de la parcela, antes usada como vertedero, cerca del cual se sitúan los altos depósitos cilíndricos de los digestores. El borde inferior, situado antes varios metros por debajo de la vía del ferrocarril, se sitúa ahora a su nivel gracias al relleno efectuado. Por el sur, la parcela linda con un arroyo que ha sido cuidadosamente limpiado y respetado.

5. DEPURADORAS METROPOLITANAS

Alcalá Doméstica, Alcalá Industrial, Arroyo de la Vega, Arroyo del Soto, Casaquemada, El Endrinal, La Poveda, Velilla.

Las depuradoras metropolitanas buscan posiciones favorables para recoger las aguas usadas de los núcleos mayores de la primera corona de la periferia madrileña. Por el NO la planta de El Endrinal depura los vertidos de la Hoya de Villalba. Al Sur el sistema se desdobra. La depuradora de El Soto, al SO, da servicio a Móstoles y algunas barriadas de Alcorcón y Fuenlabrada. Las demás poblaciones de la zona: Leganés, Getafe, Parla, Humanes y partes de Fuenlabrada y Alcorcón, encaminan sus vertidos a través de los colectores de los arroyos Butarque y Culebro hacia las depuradoras de Butarque y Sur respectivamente. Se establece así una relación directa con el sistema municipal de Madrid. Por último, la gran concentración residencial e industrial del Este metropolitano encuentra su correlato en las depuradoras de Al-

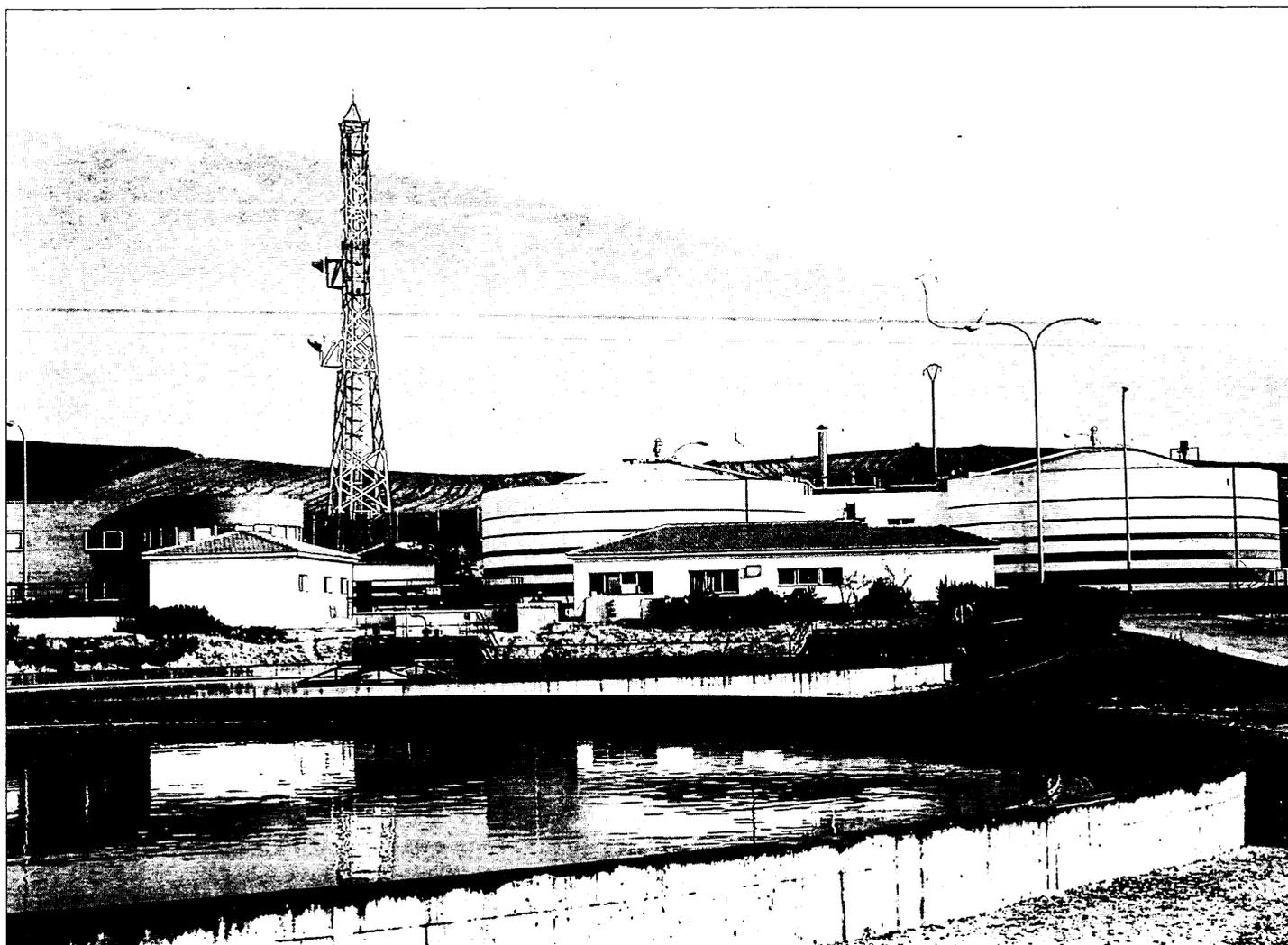


Figura 3. Arroyo de la Vega.

calá sobre el río Henares, y las de Arroyo de la Vega, Casaquemada, la Poveda y Velilla-Mejorada sobre el Jarama.

Son las grandes depuradoras. Tecnológicamente, la definición de los procesos de tratamiento está muy directamente relacionada con la abundancia de vertidos industriales a las redes de saneamiento. Todas ellas disponen de tratamientos físico-químicos en cabecera, para bloquear los efectos negativos de los compuestos industriales sobre los procesos biológicos subsiguientes. El efecto de estos compuestos es determinante en las plantas de Casaquemada y Alcalá-Industriales que disponen de hornos de incineración de fangos para su tratamiento. Los tratamientos secundarios son biológicos convencionales de fangos activados. El proceso de digestión anaerobia, común a todas ellas, determina la presencia de los

perfiles cilíndricos de los digestores y el depósito de gas como invariante del paisaje.

5.1. ALCALÁ DOMÉSTICA E INDUSTRIAL

La depuradora de Alcalá-Domésticas debe su aspecto característico a la disposición elevada de sus instalaciones. Tanques de aeración, decantadores, espesadores y digestores sobresalen del terreno altura suficiente para impedir una vista del conjunto desde nivel del suelo. Sólo el edificio de deshidratación de fangos, con los filtros banda en el nivel de una segunda planta, destaca por encima de ellos. El alto grado de ocupación en planta de la parcela y la proximidad de los edificios de viviendas son trabas a una posible expansión futura.

La depuradora de Alcalá-Industriales se asienta en el borde del polígono industrial Oeste, al lado del río. Los tanques rectangulares de aeración

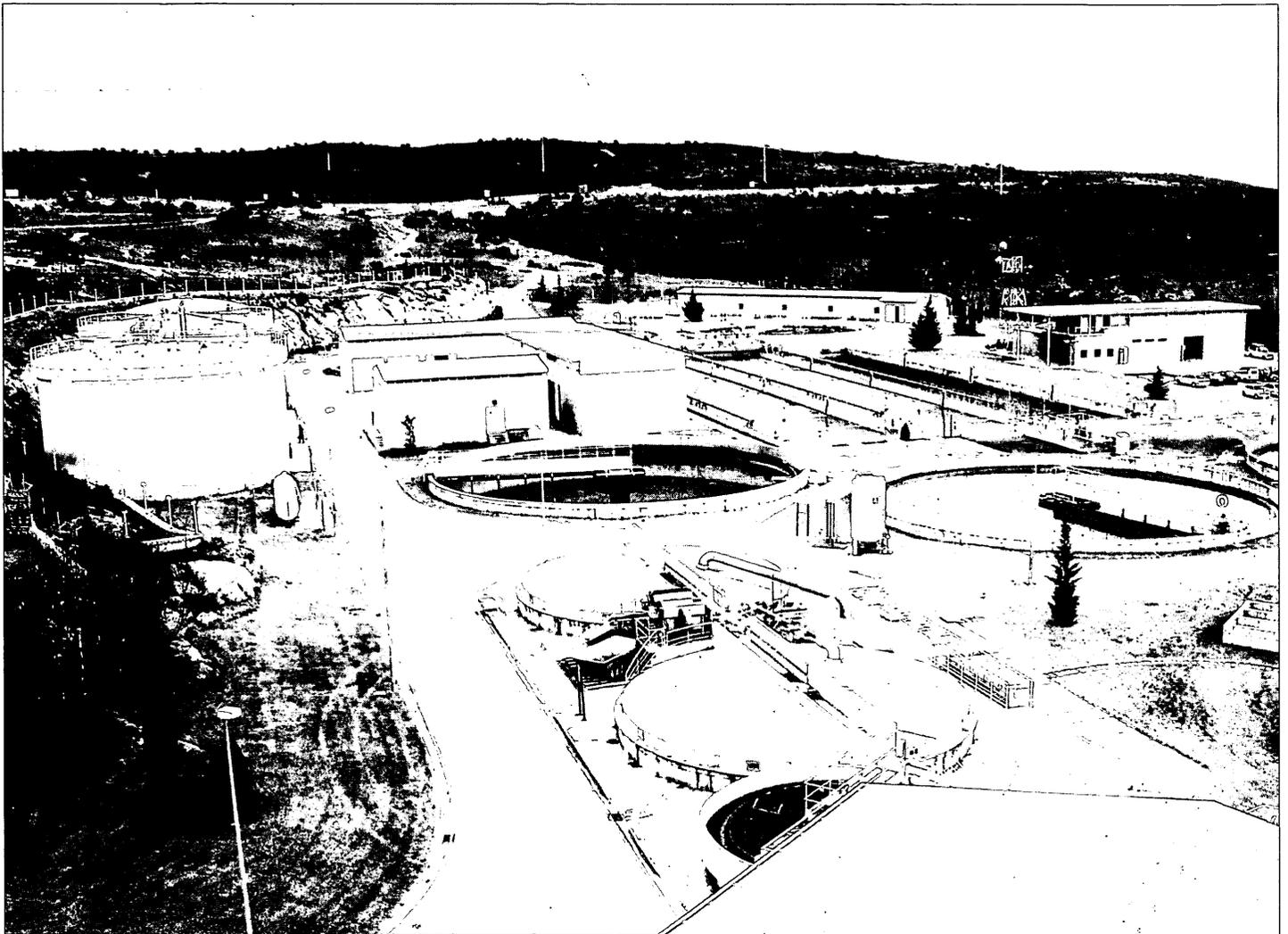


Figura 4.
El Endrinal.

ocupan la posición central, flanqueados por los decantadores que emergen solo moderadamente sobre el suelo. El edificio que alberga la sala de control, el laboratorio y servicios anejos ocupa una situación relevante frente a la puerta de acceso. La red viaria está constituida por un anillo exterior que corre paralelo al perímetro de la planta, y otro interior enlazando las instalaciones de la línea de agua. El pretratamiento y la línea de fangos se agrupan en un extremo de la parcela, donde el elemento más característico es el incinerador y sus equipos asociados.

5.2. ARROYO DEL SOTO

La depuradora ocupa el cauce original del Arroyo del Soto que, una vez entubado, da salida a los caudales vertidos por el aliviadero dispuesto en la obra de entrada. La alargada parcela ha faci-

litado una disposición lineal de las instalaciones. En cabecera, el pretratamiento, las balsas de reactivos y el edificio con los silos, ocupan la zona más estrecha del terreno, colindante con la autopista de Extremadura. El centro está ocupado por las balsas de aeración, flanqueadas por los decantadores. La red viaria envuelve esta parcela caracterizada por los planos de agua y las formas geométricas. Al fondo, las formas cilíndricas de los espesadores, los digestores y el gasómetro, contrastan con sus respectivos edificios, situados en primer plano.

Los edificios son de ladrillo rojo enmarcado en claro por pilares, dinteles y umbrales, y el entorno carece de valores paisajísticos relevantes. Los taludes de la autopista y el relleno de una zona deportiva colocan a la planta en clara posición de desventaja en fondo de vaguada. Aguas abajo, el arroyo sale nuevamente a su cauce y atraviesa el

parque de El Soto, cuya adecuación fue realizada al tiempo que la depuradora, como parte de la recuperación de las margenes.

5.3. ARROYO DE LA VEGA

Su posición de relativo alejamiento de los núcleos de Alcobendas y San Sebastian de los Reyes la convierte uno de los pocos casos de implantación en campo abierto, y la topografía ligeramente ondulada de la campiña circundante fomenta su imagen de aislamiento. La organización funcionalista de la planta optimiza la composición por zonas. El terreno rectangular facilita un trazado regular del viario y una delimitación bastante geométrica de las parcelas interiores, muy ocupadas por numerosas edificios sin voluntad de formar un conjunto integrado (Fig. 3).

La recuperación de las márgenes del Arroyo de la Vega se realizó al tiempo que las obras de la depuradora. El resultado es excelente. Hoy casi una década después de su inauguración, el tratamiento dado a este tramo del arroyo, otrora utilizado como vertedero, sigue sirviendo como referencia de los beneficios ambientales que pueden derivarse del programa de depuración.

5.4. CASAQUEMADA

Sobre la margen derecha del río Jarama, la depuradora de Casaquemada ocupa una parcela rectangular alargada, limitada por el cauce del río, un camino agrícola y la tapia del camposanto. La depuradora se ajusta bien a su emplazamiento, cuya suave pendiente hacia el río sirve como pretexto para establecer una estructura de franjas paralelas al cauce delimitadas por los viales. La primera alberga la línea de fangos y el edificio de mandos. Los volúmenes cilíndricos de los espesadores y el depósito de reactivos se ordenan con relación a un eje de simetría que se prolonga para centrar el edificio, y el incinerador define el carácter industrial del conjunto. La segunda franja contiene el pretratamiento y el físico-químico y está dominada visualmente por el edificio de reactivos. A continuación, los decantadores primarios, las balsas de aereación y los decantadores secundarios, ordenados simétricamente.

Esta sentido de orden se traslada también a los edificios industriales paralelepípedicos, y al edificio de control, de composición más elaborada. Su ejecución, así como la urbanización y la obra civil tienen un gran nivel de calidad en deta-

lles y acabados. El paso del colector de Torrejón de Ardoz sobre el río es parte de la depuradora, y la solución de colgar el conducto de una plataforma suspendida ha abierto una posibilidad para franquear el río a pie y recuperar las riberas.

5.5. EL ENDRINAL

La depuración de los vertidos de la hoya de Villalba es una pieza clave del sistema por su población y por el objetivo de preservación de la calidad del agua, pues las aguas del río Guadarrama se derivan hacia el embalse de Valmayor a partir del azud de las Nieves, situado aguas abajo de la depuradora. Por ello, el proceso de tratamiento incluye, además de las etapas convencionales, un tratamiento terciario de eliminación del fósforo. La variabilidad de la composición de las aguas a tratar exigió una instalación muy flexible para que el proceso biológico pueda desarrollarse, tanto si va precedido de un físico-químico, como de un primario convencional.

La composición está marcada por la torre-silo de reactivos, situado en el extremo NO, que domina por altura. El edificio de oficinas, laboratorio y centro de control es una pieza singular, cuya cuidada composición le hace destacar sobre el conjunto, pero sin concesiones a lo decorativo. Los edificios que contienen el centro de transformación, el secado de fangos y las soplantes, de carácter netamente industrial, se organizan delimitando una plaza, presidida por los digestores y el gasómetro. La pared vertical de roca granítica que cierra la parcela por el N es un elemento determinante en la integración de la depuradora en su entorno (Fig. 4).

5.5. LA POVEDA

La depuradora fue puesta en servicio en 1987, con una capacidad para 50.000 hab.eq. que ha sido prácticamente duplicada con la ampliación de 1994. Se sitúa a la salida del polígono industrial de la Poveda hacia Velilla, en un lugar presidido por la antigua azucarera y los restos de las instalaciones del ferrocarril del Jarama. El paisaje tiene el doble interés de los escarpes pelados del borde de la meseta de Rivas-Vaciamadrid en la margen opuesta y de la proximidad del puente metálico del ferrocarril de Vicálvaro, cuya vía discurre paralela a al camino de acceso.

El terreno está formado por la asociación de un rectángulo y un triángulo, con un antiguo cauce

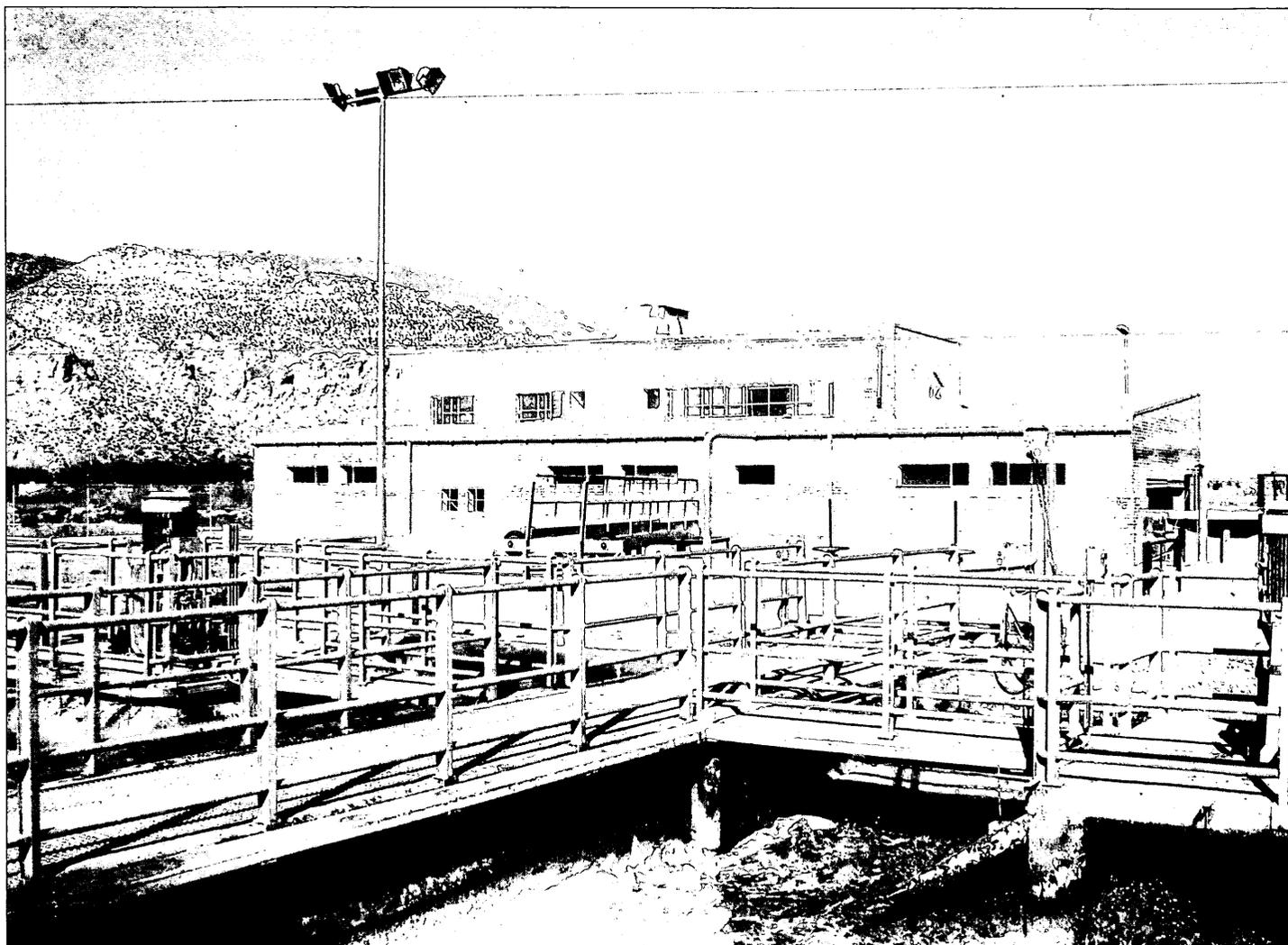


Figura 5.
La Poveda.

por lado común, que ha quedado integrado en la planta. Tras un laborioso proceso de análisis, la propuesta final de implantación asignó a la pastilla triangular las instalaciones de pretratamiento y el físico-químico, y reservó la parte rectangular a los decantadores y a las balsas de aeración, empaquetando todo ello con la red viaria. Los edificios se centran sobre los cuatro lados del rectángulo y su composición esta marcada por la fábrica de ladrillo rojo empleada (Fig 5). El edificio de mandos, con una baja proporción de huecos en fachada, se localiza al fondo.

6. DEPURADORAS SUBURBANAS

Aranjuez, Arroyo el Plantío, Boadilla, Bustarviejo, Cuenca Med Guadarrama, El Chaparral, Fuente el Saz, Guadalix, Las Matas-Peñascales, Los Escoria-

les, Miraflores, Navalafuente, Navalcarnero, Navarrosillos, Picadas, Pinilla, Puentes Viejas, Riosequillo, Robledo, San Agustín, Santillana, Soto de Guierrez, Tres Cantos.

Se agrupan aquí un conjunto relativamente variado de depuradoras de tamaño medio cuyas capacidades se mueven en el rango de los 6.000 hab.eq. de Puentes Viejas a los 70.000 de Navalcarnero. Tecnológicamente los procesos de la línea de agua están dominados por el biológico de fangos activados, excepto en un corto número de plantas que emplean reactores biológicos y biodiscos. La organización espacial de las plantas sitúa en posición central el tratamiento secundario, con sus balsas de aeración, reactores, biodiscos y decantadores, mientras reserva posiciones periféricas para los edificios. Los emplazamientos de estas depuradoras suelen estar en terrenos aleja-

dos de los cascos urbanos y las parcelas han sido dimensionadas en previsión de futuras ampliaciones. Este hecho les confiere un aire espacioso, de baja densidad, naturalizado por las manchas verdes del tapiz vegetal que recubre el suelo no ocupado, por lo que algunas han sido calificadas de depuradora-jardín.

6.1. FANGOS ACTIVADOS

Aranjuez, Arroyo el Plantío, El Chaparral, Los Escoriales, Miraflores, Navalcarnero, Navarrosillos, Picadas, Pinilla, Puentes Viejas, San Agustín, Santillana, Soto de Gutierrez, Tres Cantos.

Este tratamiento biológico es el más clásico para la depuración de aguas residuales. Consta, en primer lugar de un pretratamiento que suele disponerse en bloque separado y generalmente en alto. Sigue con una elevación de las aguas residuales, de bombas sumergidas como en Pinilla o Santillana, o de tornillos como en Aranjuez, Arroyo el Plantío o Tres Cantos. Estos tornillos precisan una caseta para albergar los motores y un foso, dando lugar a un edificio bastante conspicuo, por su altura y proporciones, y por la rampa denteada que acompaña a los tornillos. Continúa con desarenadores y rejillas, que son elementos sucios, con apariencia de complicados mecanismos pintados de colores (amarillo para aquellos y negro para las rejillas), mezclados con tuberías (verdes y marrones), y clara apariencia industrial.

El tratamiento primario incluye procesos físicos de decantación y químicos con adición de reactivos. Los decantadores son tanques circulares de diámetro entre 10 y 20 m., y profundidades entre 2 y 4 m, barridos por un puente giratorio que se apoya en un pilar central y en el borde del tanque. El puente radial es el elemento más significativo y su movimiento giratorio se produce por la acción de un carro periférico. El agua rebosa por una canaleta circular colocada al lado del borde del decantador y pasa al siguiente tratamiento de aeración biológica.

El elemento fundamental de la aeración es el agitador mecánico, formado por un motor de eje vertical que mueve un disco de paletas, montado sobre unas pasarelas de hormigón encima de los tanques. El conjunto suele tener seis, ocho, doce o más tanques que forman un rectángulo de grandes dimensiones, levantado cerca de un metro sobre el terreno. Su aspecto visual está presidido por el bosque de barandillas, que protegen

pasarelas y escaleras de acceso, de color amarillo, que destaca por su brillantez sobre el gris del hormigón y el marrón de los lodos. Tras la aeración, el agua pasa a unos clarificadores, que son normalmente dos cubas similares a los decantadores y algo más grandes, con puentes y carros parecidos.

En las depuradoras de fangos activos la estabilización de los fangos es aeróbica y se realiza en tanques muy similares a los de aeración, salvo en Miraflores y Navalcarnero, donde es anaeróbica y se realiza en digestores cilíndricos. En Miraflores, se ha previsto espacio para dos digestores, pero solo está construido uno de ellos y el edificio que los unirá. Es un edificio muy limpio, que marca la espera del segundo digestor y transforma totalmente la idea de la tradicional línea de fangos, integrándola en la depuradora. Por su parte, los fangos estabilizados se espesan en uno o dos tanques cilíndricos de hormigón de 6 a 12 m de diámetro, cubiertos y semienterrados, con una pasarela superior y un motor central.

Los edificios de fangos se suelen ubicar en un extremo de la planta, pues son elementos sucios, y se unen a los almacenes. Sin embargo, muchas de las depuradoras más recientes agrupan el edificio de fangos con el principal, por medio de un porche cubierto, dando lugar a edificios muy largos que ordenan contundentemente la planta de la depuradora. En Algete, el porche alberga al filtro banda y, en Aranjuez, el edificio principal tiene la fachada y patio trasero dedicados a la disposición de fangos, mientras que la entrada y las oficinas dan a otra orientación. En Miraflores, el edificio de fangos es interesante, con una cubierta curva muy grácil de color claro, y está ubicado dentro de un cuidado conjunto.

Por último, los edificios de control albergan el laboratorio, el almacén o taller, el comedor de personal, vestuarios, aseos, botiquín, así como despachos y la sala de control, desde la que se suele ver la totalidad de la planta. Los edificios de control suelen ser las construcciones más características de las depuradoras y han sido muy cuidados por el Canal, en especial los de El Chaparral, Miraflores, San Agustín y Santillana.

Puentes Viejas es caso aparte, pues la depuradora está situada en el casco, al borde del embalse del mismo nombre (Fig. 6). La cola del embalse es muy estrecha y en la margen opuesta y conectadas por un antiguo puente están las murallas de Buitrago. Aguas abajo desaparece lo construido y comienza un paisaje lleno de vegetación con

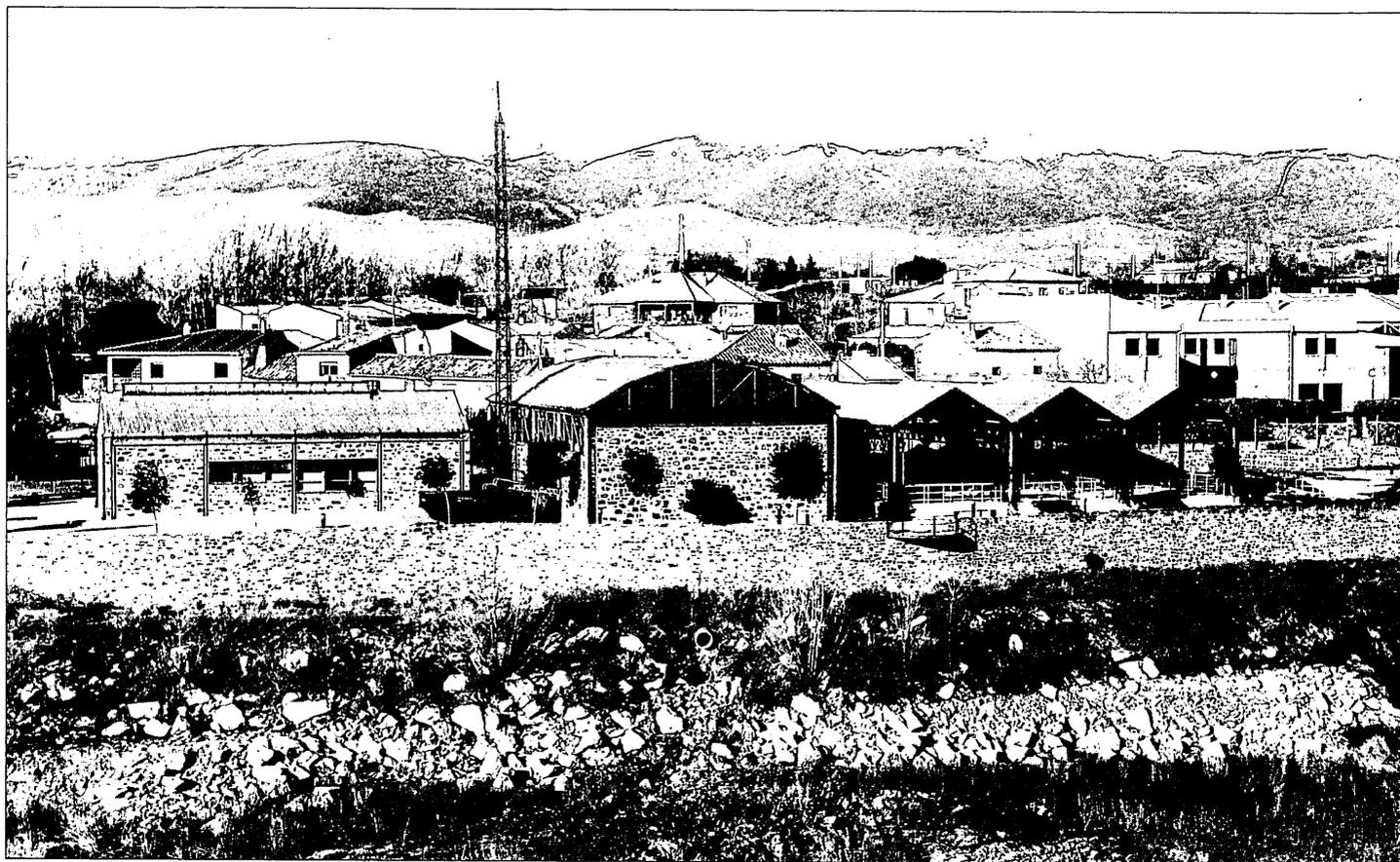


Figura 6.
Puentes Viejas.

abundantes afloramientos rocosos, dando lugar a una ubicación excepcional que requirió un diseño arquitectónico ciertamente distinto. Los tanques están bajo techado y la estructura metálica de las naves de cubrición caracteriza la depuradora. Se trata de tres naves adosadas, con cubiertas a dos aguas resueltas con materiales muy oscuros, unidas al edificio de fangos, de altura similar pero con una cubierta cilíndrica. Perpendicularmente se colocan las oficinas, con un alzado irónicamente rural, formando una especie de recodo por donde se dispone de los fangos ya secos. Un gran muro curvo de mampostería similar a la del edificio, cargado de intención, levanta la depuradora sobre el máximo nivel del embalse. Todo el conjunto es muy visible desde las murallas de la orilla opuesta y se mimetiza muy bien con el caserío circundante.

6.2. CANALES DE OXIDACIÓN

Bustarviejo, Cuenca Media del Guadarrama, Fuente el Saz, Guadalix, Navalafuente, Riosequillo, Robledo

El equipo más significativo de estas depuradoras, de diseño muy reciente y cuidado, es el trata-

miento biológico, que consta de varios reactores en canal trabajando en serie, por los que circula el agua empujada por unos rotores de paletas de eje horizontal. El aspecto exterior es el de un conjunto de canales dispuestos en paralelo o concéntricos, en los cuales el color del agua se va aclarando en función del grado de avance del tratamiento y, por tanto del nivel de oxígeno disuelto en el agua. No existen carros móviles a lo largo de los tanques ni agitadores, y el único elemento sobreimpuesto es el rotor de eje horizontal que mueve el agua (Fig. 7). El juego que forman los bordes de los canales, al dibujarse con el color claro del hormigón sobre el agua cargada de lodos, produce una geometría atractiva, con aire de fuente urbana. Las distintas depuradoras incorporan detalles de diseño tecnológico y de tratamiento estético que adjetivan esa apariencia generalizada.

En Bustarviejo, la disposición paralela de los canales se remata con unos semicírculos que dan continuidad al tratamiento, produciendo unas formas geométricas simples, rotundas y casi blancas que contrastan con el edificio, de mampostería seca, carpintería metálica de color oscuro y diseño cargado de sutilezas. El edificio es alargado y está

colocado paralelamente a los canales, ordenando claramente la planta. Unas tuberías de color azul intenso y geometría poderosa se destacan cerca de la zona de fangos, separada del edificio de oficinas por un porche pasante de doble altura, que alberga unas escaleras de comunicación con la parte posterior del edificio, el cual es de una sola planta por esa fachada. El juego de muros, volúmenes, materiales y escaleras produce un conjunto de indudable interés.

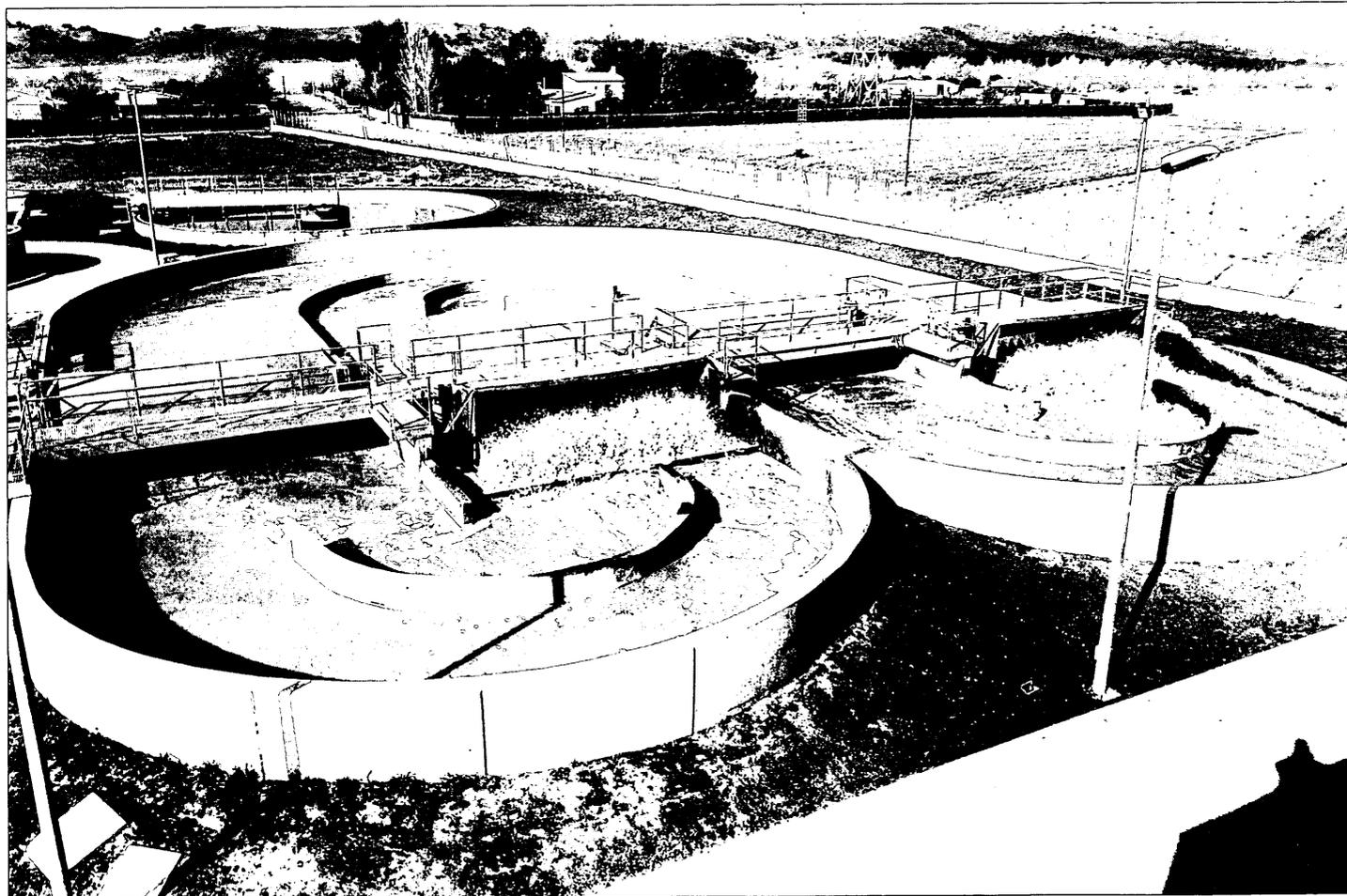
La depuradora de la Cuenca Media del Guadarrama es, también, una de las más cuidadas. Está situada al borde del río, y dispone de una gran provisión de espacio para futuras ampliaciones lo que, unido a la presencia de abundante vegetación en el entorno, y a lo cuidado de las instalaciones y jardinería, da lugar a una excelente depuradora. El edificio principal está en el borde más alto de la parcela, dominando los decantadores situados en primer término, los canales de oxidación a continuación y los clarificadores al fondo. En el extremo opuesto se encuentra el conjunto de edi-

ficios y equipos de la línea de fangos, formando una especie de macla donde destacan los cuerpos cilíndricos del digester y de los silos amarillos de reactivos, contra las formas cúbicas y blancas de los edificios. Un cubo alto de pavés, que alberga una escalera situada entre el digester y la campana de gas, ordena eficazmente el conjunto.

En Guadalix de la Sierra el problema fue más complicado, porque la depuradora se construyó como ampliación de una pequeña instalación existente. El tratamiento biológico es también diferente y se puede definir como de contacto-estabilización, con una especie de decantador de dos zonas concéntricas que es lo más característico de la planta. La pequeña caseta existente se envolvió con un edificio nuevo que se prolonga artificialmente hasta el acceso a una cámara subterránea y proporciona un atractivo fondo a la parcela por su lado este. El edificio principal se sitúa en el lado oeste y los equipos entre los dos.

La depuradora de Robledo está presidida por un edificio muy blanco y muy largo, que reúne al-

Figura 7.
Fuente el Saz.



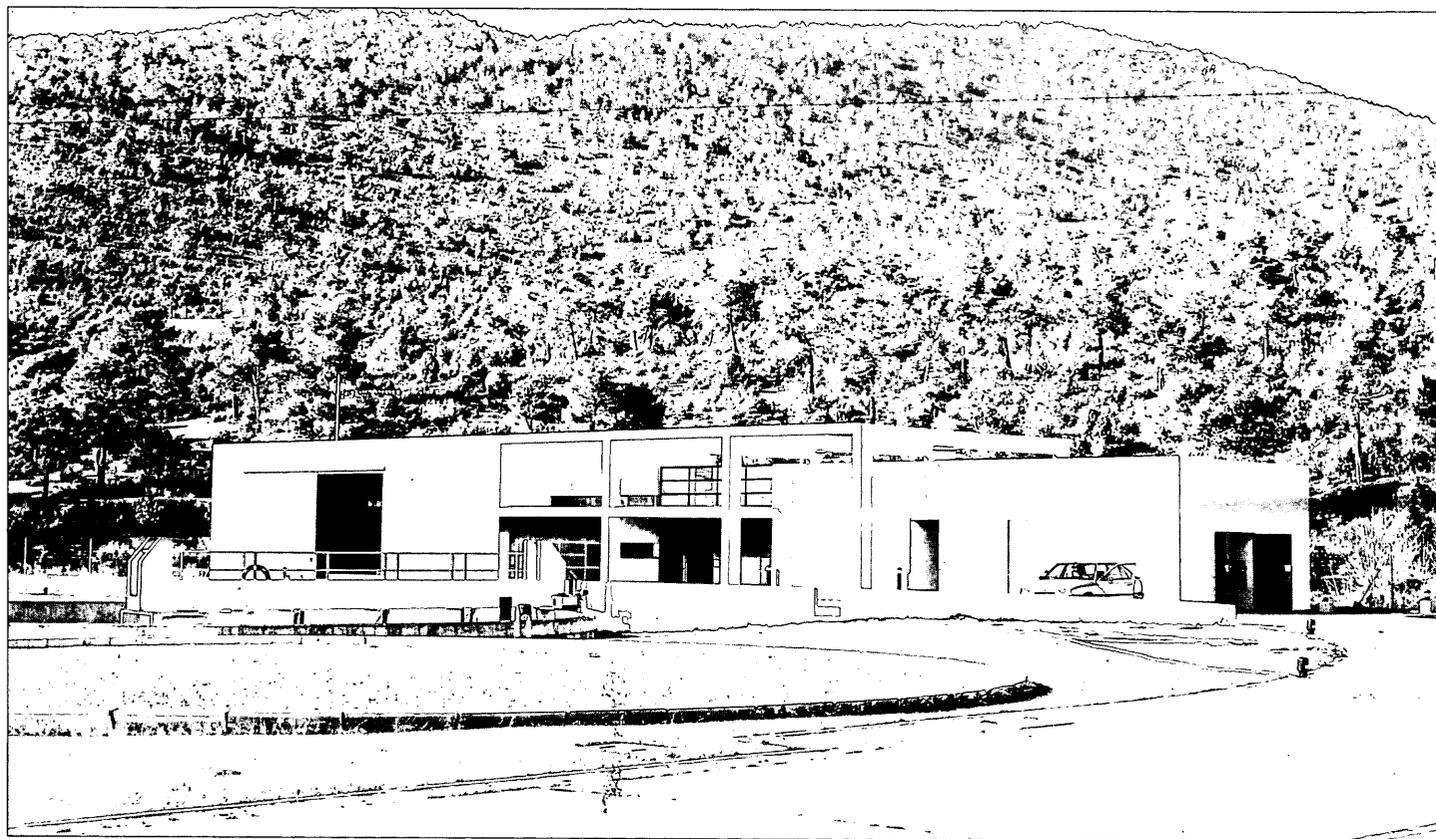


Figura 8. Robledo de Chavela.

macén, oficina, reactivos, filtros de secado de fangos, y cuadros eléctricos. El edificio es de líneas muy simples de aire racionalista, enriquecidas con unos marcos o pórticos de hormigón en su parte central (Fig. 8).

La depuradora de Riosequillo tiene un aire de familia con la de Bustarviejo y con la de Puentes Viejas. Un edificio alargado de una sola altura, con los mismos materiales que en aquella y algo más serio, ordena una parcela algo más pequeña pero situada en un paisaje más amplio, al pie de la Sierra y con vistas al embalse. El transformador situado en bajo, a la entrada, ayuda a formalizar la puerta, manteniendo un papel muy discreto y separándola del pretratamiento. El tratamiento es similar a los descritos, con un aspecto formal pulcro y ordenado.

6.3. BIODISCOS

Boadilla, Las Matas-Los Peñascales

Este tratamiento biológico precisa de muy poco espacio y produce unas depuradoras muy compactas. El Canal tiene dos plantas, una en Boadilla del Monte

y otra en Las Matas-Los Peñascales, con un aspecto exterior similar y bastante inconfundible. Tras un tratamiento primario con las rejillas y otros elementos usuales, siguen los decantadores y los biodiscos. Estos elementos están cubiertos por una carcasa semicilíndrica blanca, con nervaduras y unas pequeñas aberturas cuadradas, mostrando al exterior nada más que la salida del eje que los permite girar.

Estos semicilindros se pueden adosar con mucha facilidad, formando baterías o grupos que se sitúan al lado de los decantadores. En Boadilla se optó por una planta muy simétrica, con un eje marcado por el edificio y un juego de un decantador y dos biodiscos a cada lado, formando un nuevo eje perpendicular al anterior. Al fondo, en un rincón y desvinculado del resto, está el tratamiento de fangos, con un espesador, el digestor y el mechero. El pretratamiento está en alto, al final de ese nuevo eje perpendicular. La parcela tiene mucho espacio para futuras ampliaciones y, al estar al lado de un cruce y en bajo, es fácilmente observable desde fuera.

En Las Matas los cuatro biodiscos en batería son paralelos al largo edificio principal y los decantadores se sitúan entre ambos. Como la parce-

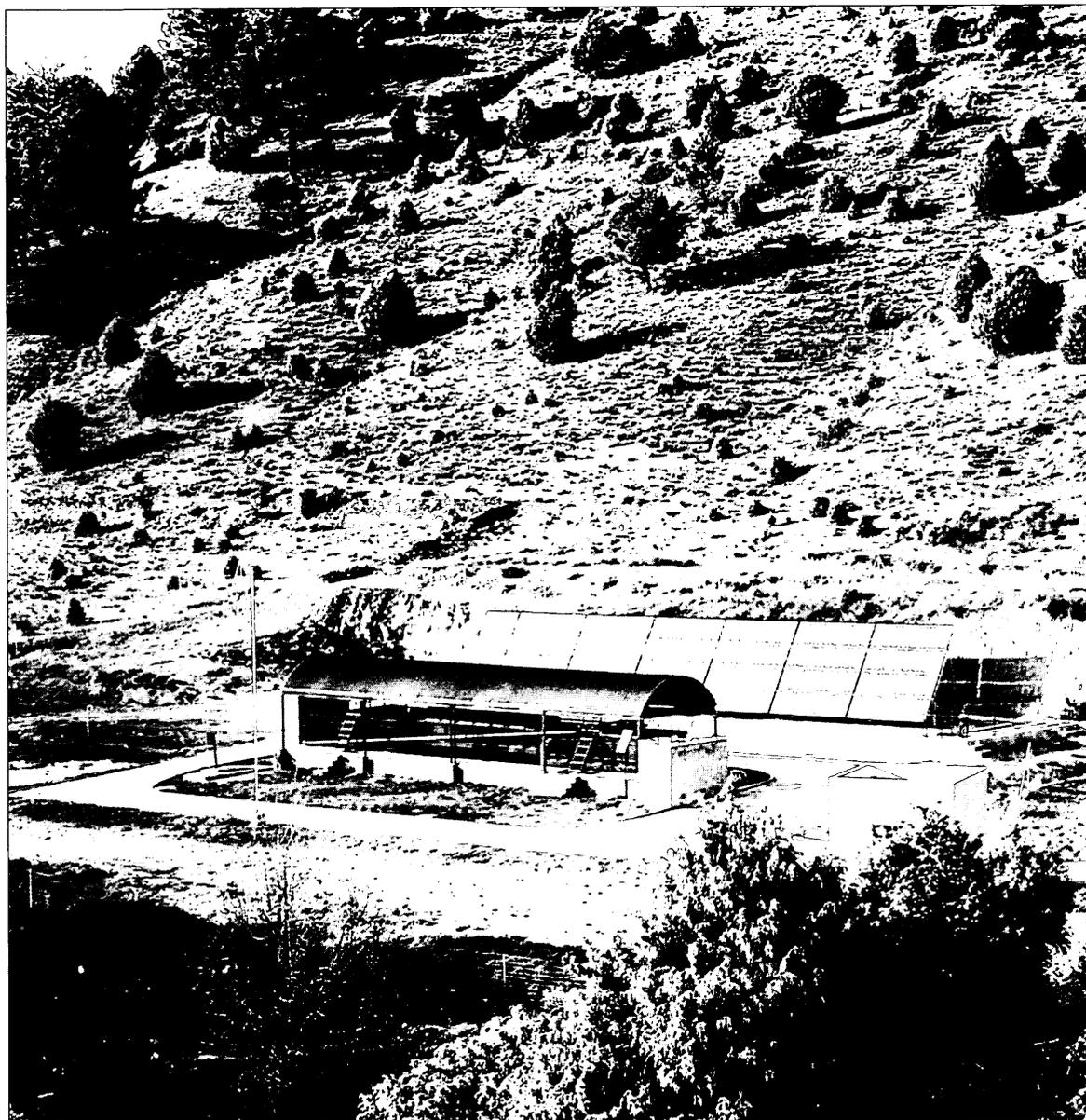


Figura 9.
El Pimpollar.

la está en cuesta, la plataforma horizontal donde se sitúan biodiscos y decantadores queda muy marcada por el muro de contención curvado en sus extremos que los envuelve, visualizando muy claramente el empaquetamiento de los equipos de tratamiento. El edificio de fangos está unido al edificio principal por un porche, dando lugar a un gran bloque rectangular alargado en cuyo extremo se sitúa el digestor. El color blanco del edificio y de las carcasas de los biodiscos, unido a la claridad de la planta, proporciona a la depuradora un aspecto muy pulcro. El entorno es un paraje muy apartado, al lado del bosque del Pardo, con abundante vegetación y relieve, sobre el que destaca el

color blanco de la depuradora pero sin agredirlo por lo cuidadoso del diseño.

7. DEPURADORAS LOCALES

7.1. AERACIÓN PROLONGADA

Las depuradoras incluidas en este grupo son las menos homogéneas entre las de pequeño tamaño, aunque su aspecto exterior tiene un aire similar, producido por la presencia de los tanques de aeración que caracterizan fuertemente el con-

junto. Normalmente, también hay algún decantador circular tras el proceso de aeración, realizado en tanques similares a los ya mencionados, y unas eras de secado para tratar los fangos.

En las eras de secado de fangos, los rectángulos formados por un murete bajo constituyen un elemento inmediatamente legible y revelador de los diferentes estadios del proceso de secado, por el color de cada uno. En Algete y Aldea del Fresno se utilizan filtros prensa en vez de eras, con lo que los edificios contenedores tienen que ser más grandes y aparecen cintas y tolvas para el transporte y recogida de fangos.

Los edificios son muy diferentes. Desde la tradicional caseta de Aldea del Fresno, Navas del Rey, y Villanueva de la Cañada, realizadas sin ningún cuidado, a las de Valdemorillo u Hoyo de Manzanares, con alguna mejor intención. En Algete, el edificio tiene planta rectangular muy alargada, con un gran porche central que alberga el filtro banda, las oficinas a un lado y el almacén al otro. Unas vidrieras en el extremo de las oficinas y una

gran ventana circular en el almacén proporcionan detalles de interés en un edificio muy simple pero efectivo.

7.2. BIOTAMBORES

Las depuradoras de biotambores son generalmente muy compactas, de alto rendimiento y con un consumo energético muy pequeño. Tras un pretratamiento clásico, con rejillas, desarenador y desengrasado, se dispone el tratamiento biológico de lechos bacterianos que se ubican en unas celdillas, montadas sobre un cilindro giratorio parcialmente sumergido en el agua a depurar. Solo precisa una pequeña cantidad de energía para el movimiento del cilindro, que es suministrada por unos paneles fotovoltaicos y acumulada en un conjunto de baterías. Los elementos visibles son el pretratamiento, el biocilindro, los paneles solares y una pequeña caseta, y todos han sido diseñados adecuadamente.

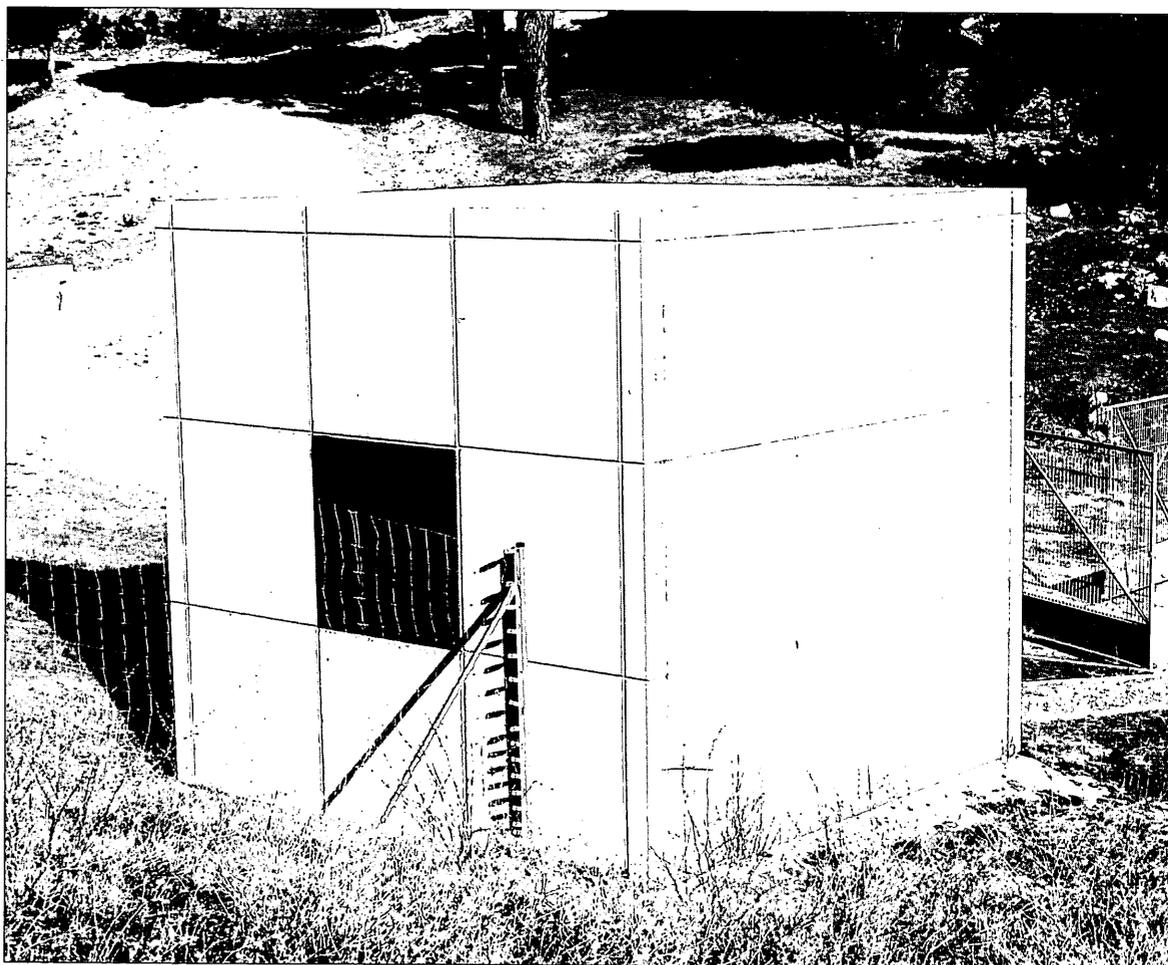


Figura 10
Valdemaqueda.

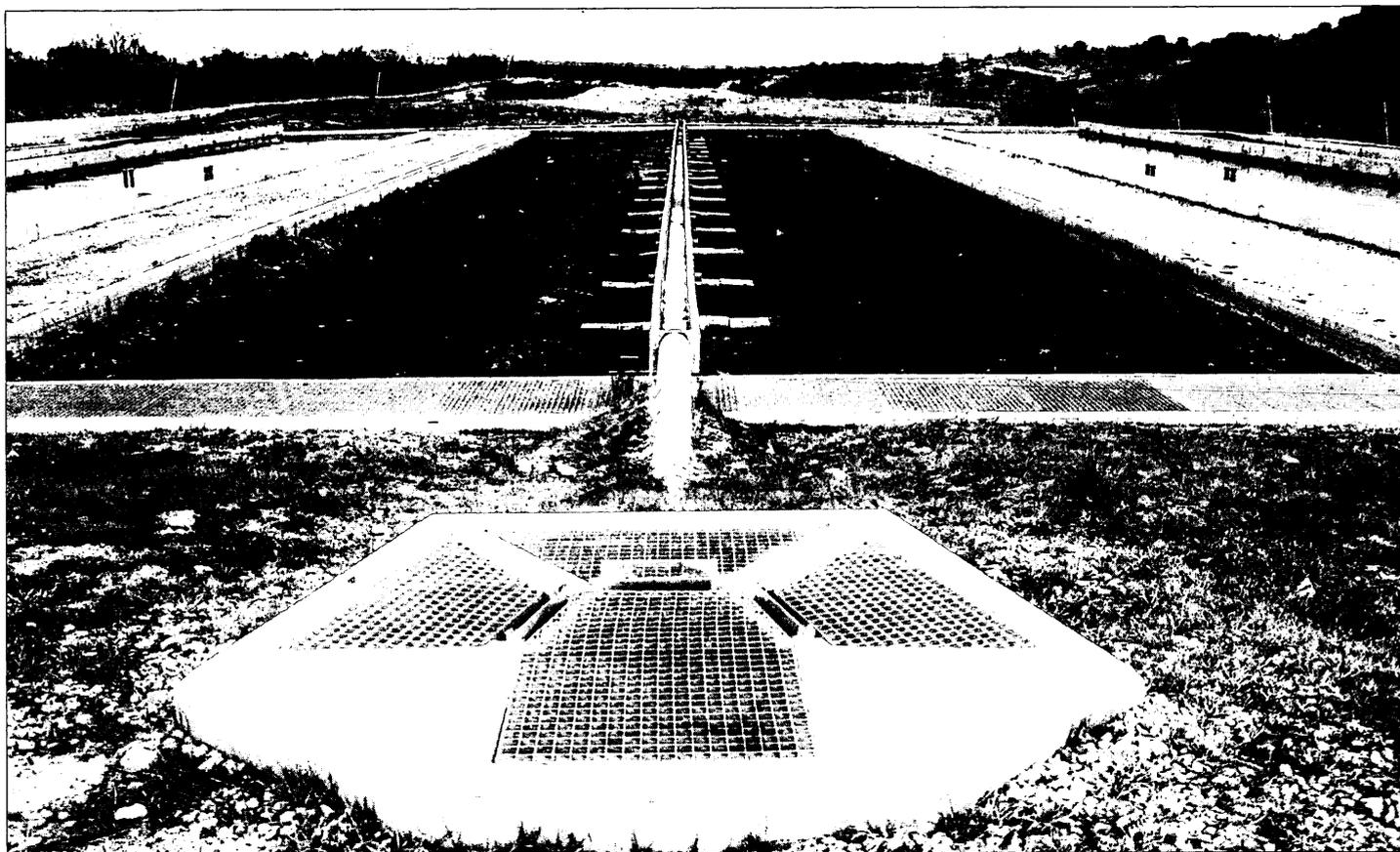


Fig 11. Las Rozas.

Los biotambores están a la intemperie, como la pareja de Valdemaqueda o el único de Robledondo, o bajo techado, como en el Pimpollar (Fig. 9) o en Santa María de la Alameda, con una cubierta de perfil cilíndrico muy adecuada a la estética del artefacto. Los pilares, los elementos portantes, los cerramientos de la cabecera y todos los detalles estructurales de la cubierta están muy cuidados con un resultado estético óptimo. Por su parte, la carcasa de los cilindros está pintada de azul fuerte intenso, proporcionándoles un gran protagonismo.

Las casetas, por último, están formadas por un dado de paredes de hormigón, de aspecto muy limpio, que resuelve perfectamente los pequeños problemas que presentan estas construcciones, tradicionalmente marginadas (Fig. 10). No tienen ventanas, recibiendo la luz por claraboyas situadas en el techo, con lo que se elimina la necesidad de proteger los huecos con rejillas. La cubierta recoge aguas hacia adentro, con lo que no hacen falta aleros. El empleo de hormigón, ya presente en otros elementos de la depuradora, evita la introducción de un material o acabado diferente, siempre difícil de acoplar con el resto. Sus líneas

simples y su color claro se insertan perfectamente en los verdes paisajes de praderas y pinos, dando a estas cuatro depuradoras un sello de buen diseño que las hace muy atractivas.

7.3. LECHOS BACTERIANOS

Se trata de una tecnología apropiada para depuración de vertidos de pequeños núcleos situados en zonas de protección de embalses. En la Comunidad de Madrid hay dos depuradoras de lechos bacterianos, en Cervera de Buitrago y en el Berrueco, ambas en la cuenca del embalse de El Atazar. El agua se esparce sobre unos depósitos cilíndricos de hormigón cuyo fondo se rellena de unas piezas de plástico, caracterizadas por presentar una gran superficie de contacto para su volumen, lo que facilita la formación de una película bacteriana. La depuradora de El Berrueco tiene un emplazamiento bastante espectacular, en un barranco muy escarpado, con una gran peña de granito detrás. Más abajo pasa el antiguo canal de El Villar que forma una curva, con una pequeña obra de fábrica y una caseta de vigilancia con la clásica

Figura 12.
Torremocha
del Jarama.



presencia de las antiguas obras del canal, bordeando el embalse de El Atazar.

7.4. LECHOS DE TURBA

El agua residual se infiltra a través de la turba, soporte de bacterias y micro-organismos que reaccionan con las materias en suspensión o disueltas en el agua, transformándolas en compuestos inocuos para los ecosistemas. La turba se dispone en estanques rectangulares pareados, con una tubería central de llegada de agua. Normalmente se disponen tres o más pares de estanques o balsas, con una ordenación muy geométrica no carente de atractivo (Fig. 11). En cabecera se sitúa el pretatamiento, con aliviadero, reja, bay-pass, canal desarenador y desengrasador. En una caseta, también utilizada como almacén, se disponen tamicas verticales que impiden la colmatación de los lechos por arrastre y depósito de las partículas finas. Las depuradoras más pequeñas, como Venturada, tienen tres lechos y las más grandes, como La Cabrera o Torrelaguna, tienen 12 lechos agrupados en seis parejas. La caseta suele tener una posición central y, en la mayor parte de éstas depuradoras, es de construcción y aire tradicional, con tejado de pizarra a

cuatro aguas y huecos enrejados que enmarcan carpinterías de color rojo (Fig. 12).

7.5. FILTROS VERDES

La depuración por filtros verdes aplica las aguas residuales al terreno para aprovechar las acciones naturales del suelo y de los cultivos forestales. La caseta, el vallado perimetral y la red de canaletas son los únicos elementos construidos perceptibles. Permiten una disposición en planta completamente libre y suelen ubicarse en vaguadas o en las márgenes de los cursos de agua, con lo que los chopos se confunden con la vegetación de ribera y solo suelen ser visibles la caseta y la valla.

8. CONCLUSIONES

El Canal acaba de pasar por otro momento álgido de su historia, con un cambio de estatuto y un nuevo quehacer que le han proporcionado un nuevo impulso, y ha salido del envite con más fuerza. En sólo diez años ha gestionado una gran inversión para construir las depuradoras requeridas por sus nuevas funciones, y lo ha hecho con rapidez y eficacia. Ha adquirido la tecnología necesaria y cuenta ya con una excelente reputación en su nuevo campo de actividad. Las depuradoras están bien diseñadas, son de correcta ejecución y funcionan bien. Poseen el inconfundible sello de lo bien hecho que caracteriza a las antiguas instalaciones del Canal. Todo se ha hecho por quienes se encargarán de su operación, y evidencia que se ha realizado un gasto sólido, no superfluo pero cuidadoso en el detalle, donde la estética tiene su debida consideración al lado de la funcionalidad. Se ha favorecido que las depuradoras sean buenas y que lo parezcan, que limpien las aguas sucias mostrándose, a su vez, como instalaciones dignas de ser vistas y enseñadas, orgullosas de la función que realizan.

El resultado tiene un doble interés, como hecho tecnológico y como muestra de arquitectura industrial, y es digno de una compañía de tan excelente tradición. ●

(*) Basado en el libro de los autores: *Depuradoras en Madrid: Tecnología y arquitectura industrial en el Canal*. Editado por el Canal de Isabel II en 1995, con 230 pags, 500 fot. en color y 50 esquemas.