

SISTEMA DE INFORMACION Y CONTROL DEL ABASTECIMIENTO DE AGUA A MADRID

Por RODOLFO URBISTONDO ECHEVERRIA
Dr. Ing. de Caminos, Canales y Puertos.
Director del Canal de Isabel II.

JUAN ANTONIO VIGUERAS GONZALEZ
Dr. Ing. de Caminos, Canales y Puertos.
Director adjunto del Canal de Isabel II.

El Canal de Isabel II es el organismo encargado de atender el suministro de agua a Madrid y su área metropolitana que, con una superficie de 1.728 Km², alberga en el momento actual a 3.700.000 habitantes, estando prevista para el año 2000 una población de 8.000.000 de habitantes, con consumos del orden de los 2.000 Hm³.

El suministro de agua es de una gran complejidad, utilizándose ocho ríos regulados por 12 embalses con 900 Hm³ de capacidad, habiéndose construido 441 Km de grandes canales, con capacidades entre 4 y 16 m³/seg; 12 depósitos reguladores urbanos, con 2,5 Hm³ de capacidad; seis plantas de tratamiento, con 38 m³/seg de capacidad, y 4.000 Km de longitud de red de distribución.

Se ha iniciado la instalación de un sistema de información y control que, si bien se tiene previsto sea completo, en una primera etapa comprenderá los equipos necesarios para control de las instalaciones, desde las captaciones hasta el origen de la red de distribución.

El objetivo propuesto ha sido: optimizar los recursos hidráulicos, reacción inmediata ante emergencias o situaciones no previstas, garantía de suministro y economía de explotación, todo ello con la máxima fiabilidad y redundancia de las instalaciones, evitando una excesiva sofisticación tecnológica y previendo medios convencionales de control de forma que, aun en casos de anomalías imprevistas en el sistema proyectado, pueda continuarse la explotación en tanto se corrigen las averías presentadas.

Los datos precisos para el control de esta primera etapa ascienden a 399 medidas y 1.431 señalizaciones y alarmas extendidas en una superficie de 7.200 Km², con distancias importantes entre puntos extremos, por lo cual se han agrupado las medidas en 32 centros locales desde donde se enviarán las señales al centro principal de control, permitiendo además el control manual centralizado de los datos que en cada centro local se reúnan.

La transmisión de datos se efectuará mediante enlaces de alta frecuencia: radios o corrientes portadoras por líneas telefónicas o de alta tensión, en sistema dúplex, para permitir enlaces telefónicos en ambos sentidos de transmisión. Para mayor seguridad de la explotación se empleará la red telefónica existente de manera redundante, estableciendo una red mallada de comunicaciones con diversos tránsitos posibles.

El sistema de transmisiones elegido ha sido por multiplexado de tiempos y digitalizado, con objeto de utilizar en el C.P.C. los modernos sistemas de tratamiento y visualización de la información, digitalizando los datos analógicos en las estaciones locales e introduciéndolos con los ya existentes en forma digital en los equipos de codificación y multiplexado, para ser transmitidos en la forma indicada anteriormente.

Se han definido cuatro sistemas de recepción de datos en el C.P.C., que funcionan simultáneamente. La velocidad de transmisión es de 200 Bd y el ciclo total tiene una duración inferior a once segundos, efectuándose la codificación de datos mediante un código polinómico, con distancia de Hamming de 4.

1. INTRODUCCION

La complejidad creciente de los sistemas de distribución de agua en las grandes aglomeraciones urbanas, la necesidad de mejorar la explotación de los abastecimientos de agua, tanto desde el punto de vista de garantía del

suministro como del de calidad del agua y del costo, así como los avances en las técnicas modernas de control, el desarrollo de la instrumentación y la posibilidad de ayuda de los ordenadores, han hecho que en las grandes redes de distribución de agua se tienda cada vez más al control automático de las mismas.

2. INFORMACION Y CONTROL EN EL ABASTECIMIENTO DE AGUA A MADRID

a) El Canal de Isabel II es el organismo encargado de atender al suministro de agua a Madrid y su área metropolitana.

El incremento de la población de la capital de España en las últimas décadas ha sido verdaderamente extraordinario, pasando la población desde 1.075.000 habitantes en 1940 a 3.750.000 habitantes en 1975, y el suministro de agua, de los 103 Hm³ en 1940 a 434 Hm³ en 1975.

Madrid se encuentra emplazada en una zona donde no existen grandes recursos de agua, por lo que el suministro es de una extraordinaria complejidad; en el momento actual, los recursos hidráulicos utilizados pertenecen a ocho ríos, estando prevista la incorporación de dos más. Para regular estos cursos de agua se han construido 12 embalses con 900 Hm³ de capacidad, y para conducir dichos caudales hasta los centros de consumo ha sido necesario construir 441 Km de canales de aducción, en régimen libre o forzado, con capacidades variables entre 4 y 16 m³/seg; 12 depósitos reguladores urbanos, con 2,5 Hm³ de capacidad; seis plantas de tratamiento, con 38 m³/seg de capacidad, y una red de distribución con longitud aproximada a los 4.000 Km.

La complejidad de explotación del abastecimiento de aguas a Madrid, que fácilmente se deduce de los datos que hemos expuesto, ha aconsejado a los responsables del Canal de Isabel II establecer un sistema de información y control que, si bien se tiene previsto sea completo, es decir, desde las captaciones de agua hasta las redes de distribución inclusive en primera etapa, y aun cuando los problemas de contaminación y distribución existen como en todos los países, son, sin embargo, menos graves que los de garantía de suministro desde las captaciones hasta los depósitos reguladores, por lo que la primera parte del citado sistema de información y control comprenderá las instalaciones hasta el origen de la red de distribución.

b) Los objetivos propuestos han sido los siguientes:

1. Optimizar el aprovechamiento de los recursos hidráulicos, de forma que todos los embalses se exploten con el mismo coeficiente de garantía, evitando el agotamiento prematuro de alguno y que, por el contrario, otros puedan perder agua por vertidos en los mismos.
2. Conocer en cada momento los caudales circulantes a lo largo de las grandes conducciones, para poder reaccionar ante cualquier demanda diferente a las previsiones establecidas o en el caso de avería en alguna de las conducciones.
3. Almacenar los datos de forma que, con un adecuado tratamiento de los mismos mediante el empleo de ordenadores, puedan establecerse los programas oportunos para una óptima explotación en cada momento.
4. Efectuar el telemando de las instalaciones facilitando la explotación de las mismas, con la consiguiente economía.

En resumen: optimación de los recursos hidráulicos, reacción inmediata ante emergencias o situaciones no previstas, garantía de suministro y economía de explotación.

c) En el proyecto del sistema de información y control de las instalaciones del Canal de Isabel II se han tenido presentes los siguientes fines:

1. Conseguir la máxima fiabilidad y redundancia de las instalaciones, evitando una excesiva sofisticación tecnológica.
2. Establecer exclusivamente las mediciones o telemando de instalaciones precisas para los objetivos propuestos, evitando controles excesivos que compliquen el sistema sin utilidad práctica.
3. Existencia de medios convencionales de control de forma que, aun en el caso de anomalías imprevisibles en el sistema proyectado, pueda continuarse la explotación en tanto se corrijan las averías presentadas.

3. CRITERIOS GENERALES DE IMPLANTACION DEL SISTEMA

a) *Agrupación de medidas.*

El área actualmente cubierta por las instalaciones de captación y conducción es aproximadamente de 7.200 Km², con una gran dispersión de los puntos de control necesarios para una correcta explotación de los recursos hidráulicos.

En primer lugar se procedió a definir los datos que se consideraron imprescindibles para el conocimiento del estado de las instalaciones, así como la determinación de las maniobras correctoras necesarias para su manejo.

Se procedió seguidamente al estudio de los posibles soportes de transmisión, existentes o no, determinando por aproximaciones sucesivas el sistema de centralización más económico.

Creemos de interés el resumir los criterios y razonamientos empleados, por ser aplicables a cualquier sistema de características similares, es decir, en el que sea necesario efectuar una centralización de datos dispersos en una gran superficie.

Los aparatos de toma de datos o captadores suelen ser de tipo analógico y, en ocasiones particulares, de tipo digital. La señal de salida, proporcional a la magnitud medida, es una corriente continua de pequeña intensidad, que no puede ser enviada a larga distancia. Por otra parte (por lo menos en el caso del Canal de Isabel II), las condiciones climáticas de las zonas de captación, con fuertes y frecuentes tormentas, limitan aún más esa distancia a causa de la presencia de parásitos destructivos en los cables de enlace. La experiencia aconsejó, por lo tanto, limitar los enlaces directos a una distancia máxima de 1 Km y utilizar cables muy protegidos contra las descargas estáticas e instalados en conducciones enterradas.

Se determinó de esta manera un número mínimo de centros de reagrupamiento local, en los que se realizaba

una centralización parcial de datos, mediante tecnología analógica cableada punto a punto. Cada señal es, por lo tanto, enviada mediante un par de hilos, estudiando los recorridos de manera a limitar el número de zanjias a construir necesarias y utilizando siempre que ha sido posible galerías existentes.

Por otra parte, y teniendo en cuenta, además de lo

anteriormente indicado, las necesidades de guardería y vigilancia de las instalaciones hidráulicas a controlar, quedaron fijadas definitivamente las ubicaciones de estos centros, que designamos con el nombre de "estaciones locales" (E.L.). El resultado obtenido se ha representado en la figura 1.

Estas estaciones locales, creadas fundamentalmente por

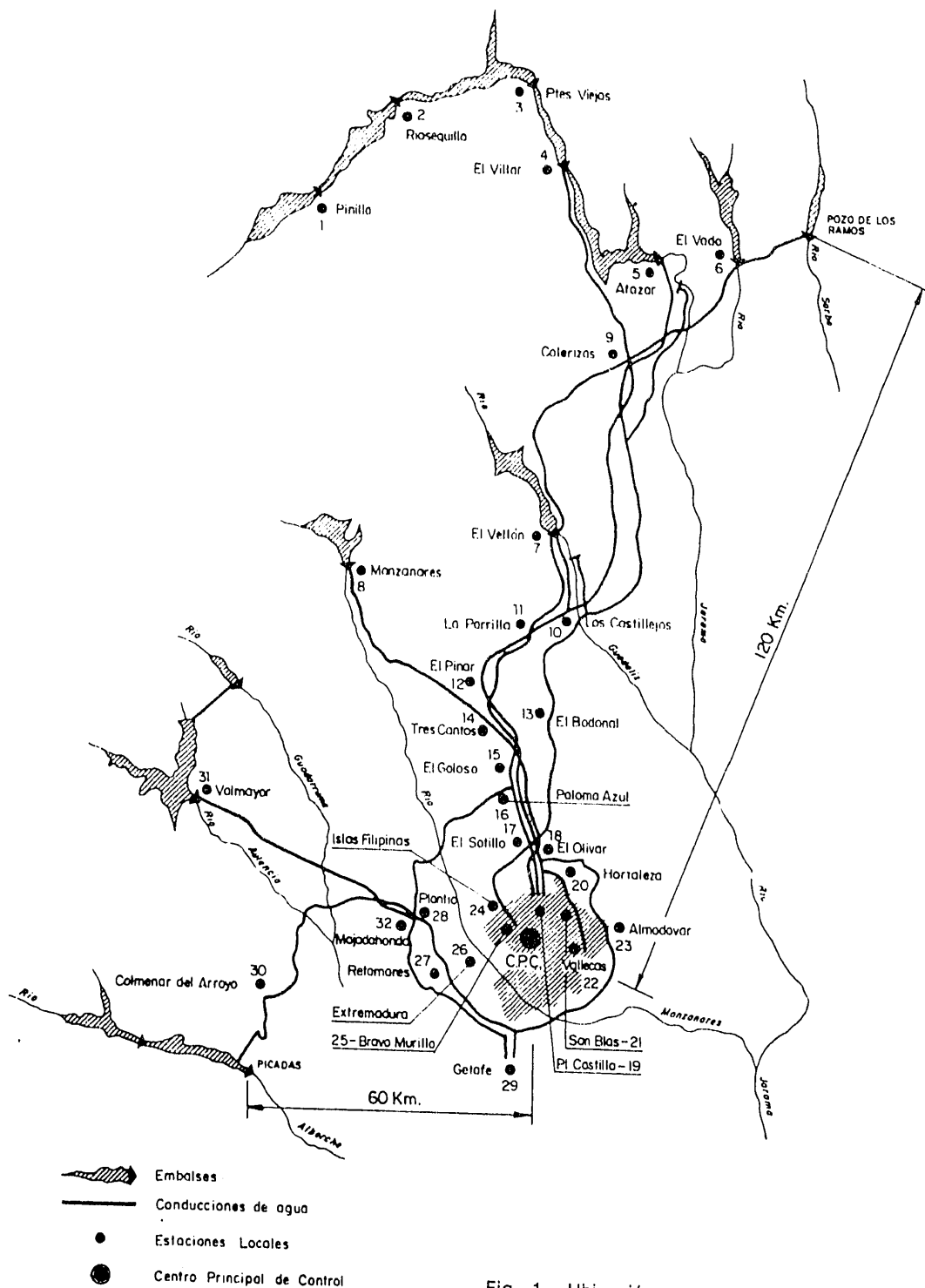


Fig. 1.—Ubicación geográfica de las estaciones locales.

imposiciones tecnológicas, presentan la ventaja subsidiaria de permitir el control manual centralizado de los datos que en ellas se reúnen, y garantizan la explotación en el caso de avería en el sistema principal; por último, facilitan también las operaciones de localización de averías y puesta a punto de los equipos de control, reduciendo el trabajo de reparación.

b) *Sistema y dimensionamiento de la red de transmisión.*

Determinado este primer grado de centralización, se procedió al dimensionamiento de la red de transmisión, cuyo objetivo es el enlace de las estaciones locales con el centro principal de control (C.P.C.) o "dispatching".

Las distancias relativamente importantes que ha sido necesario cubrir (hasta 120 Km al norte de Madrid y 60 Km al oeste) sólo podían serlo mediante enlaces de alta frecuencia: radio o corrientes portadoras por líneas telefónicas o de alta tensión en sistema duplex, para permitir enlaces telefónicos en ambos sentidos de transmisión, o el envío de datos en el sentido E.L. - C.P.C. y órdenes en el sentido C.P.C. - E.L.

Por otra parte, la seguridad de la explotación exige una garantía muy elevada en el establecimiento de estos enlaces, sobre todo el telefónico, por lo que se ha tratado de emplear los soportes existentes, que representaban la solución más económica, de manera redundante, estableciendo una red mallada de comunicaciones con diversos tránsitos posibles.

Se ha dado prioridad a los sistemas de corrientes portadoras por líneas de alta tensión, por considerar estos soportes como los más seguros mecánicamente y, por lo tanto, ofrecer la máxima garantía de enlace.

Se utiliza un sistema a 47 KV y otro a 20 KV, ambos con inyección monofásica, pero utilizando varias fases con objeto de repartir convenientemente los canales de transmisión y evitar la diafonía entre canales próximos.

En los lugares en que las líneas de alta tensión no ofrecían garantías suficientes, o bien presentaban un elevado número de derivaciones a utilizadores, se han empleado las líneas telefónicas existentes, adecuadas convenientemente y reforzadas en ciertos tramos.

En todos los demás casos se han utilizado puentes radio, con transmisión en UHF por banda lateral única. Estos puentes radio presentan varios inconvenientes en las zonas urbanas: de una parte, de tipo técnico, por tratarse de frecuencias en las que es necesaria la visión directa entre el emisor y el receptor y, por lo tanto, obligar al establecimiento de mástiles de gran altura (hasta 60 m) y a la utilización de repetidores en los casos en que, a pesar de esa enorme altura de los mástiles de antena, no se logró conseguir la condición de visión directa, o bien las reflexiones en edificios provocaron zonas de silencio en las inmediaciones de los centros de recepción. Por otra parte, también se encontraron dificultades de orden administrativo, ya que estos sistemas de enlace, bastante económicos, se utilizan con gran frecuencia por los servicios públicos, militares y las empresas privadas y, por

lo tanto, el número de frecuencias disponibles resulta muy pequeño. Esta dificultad se ha resuelto utilizando la misma frecuencia de transmisión en enlaces suficientemente alejados y cuyos diagramas de directividad no presentaban interferencias.

Para dar mayor seguridad al sistema de transmisión se ha previsto, en el caso de las corrientes portadoras, los dispositivos de conmutación necesarios para utilización de la red de alta tensión o de la red de líneas telefónicas, cada vez que dicha posibilidad se ha presentado y en el caso de enlaces radio un canal de reserva, utilizable cuando alguno de los principales se avería. La conmutación es automática por ausencia de portadora, con señalización y transmisión de la alarma correspondiente.

En la figura 2 se ha representado el esquema definitivo de los enlaces establecidos, indicando las diversas modalidades empleadas y el número de canales utilizado en cada caso. El esquema equivalente se puede representar mediante un diagrama en estrella, con duplicidad de ciertos enlaces para empleo alternativo, según indicábamos anteriormente. Se trata, por lo tanto, de un multiplexado de frecuencias, que permite al centro principal de control la recepción y transmisión simultánea de datos u órdenes, respectivamente, en dirección de cualquier estación local.

c) *Garantía del sistema de transmisión.*

Comentaremos, finalmente, los sistemas telefónicos previstos. Aunque en un principio se pensó en la instalación de una única central de conmutación telefónica en el C.P.C., la posibilidad de aumento de la seguridad en las comunicaciones, mediante la utilización de las centrales de tránsito actualmente existentes, nos llevó a modificar este concepto estableciendo un sistema mallado según se indica en la figura 3. Se aprovechan los soportes existentes, que no sufren la menor modificación, y se instalan cuatro centros de conmutación o tránsito en lugar de uno, con lo que la posibilidad de paralización total de las comunicaciones, en caso de avería del centro único, queda totalmente eliminada. Por otra parte, se agiliza las comunicaciones automáticas, al existir siempre varios caminos posibles en el establecimiento de la unión entre dos puntos, y disminuye la densidad de comunicaciones en el C.P.C., con la consiguiente economía en el equipo que debiera haber sido instalado allí. Independientemente de estos centros de tránsito, pero unidos a ellos evidentemente, se instalan centralitas de conmutación automáticas, en cada E. y C.P.C., que conectan cada llamada a la extensión correspondiente. Se han aprovechado los propios cables de control, que enlazan los captadores a la estación, para, mediante utilización de pares disponibles, realizar los tendidos telefónicos locales. En caso necesario, el operador CPC puede hablar con el personal de vigilancia o mantenimiento en el propio punto de control y no solamente con el operador de la estación local. Por otra parte, las llamadas pueden ser desviadas localmente a un punto determinado, para el servicio de vigilancia nocturna, por ejemplo.

A pesar de la gran seguridad presentada por este sis-

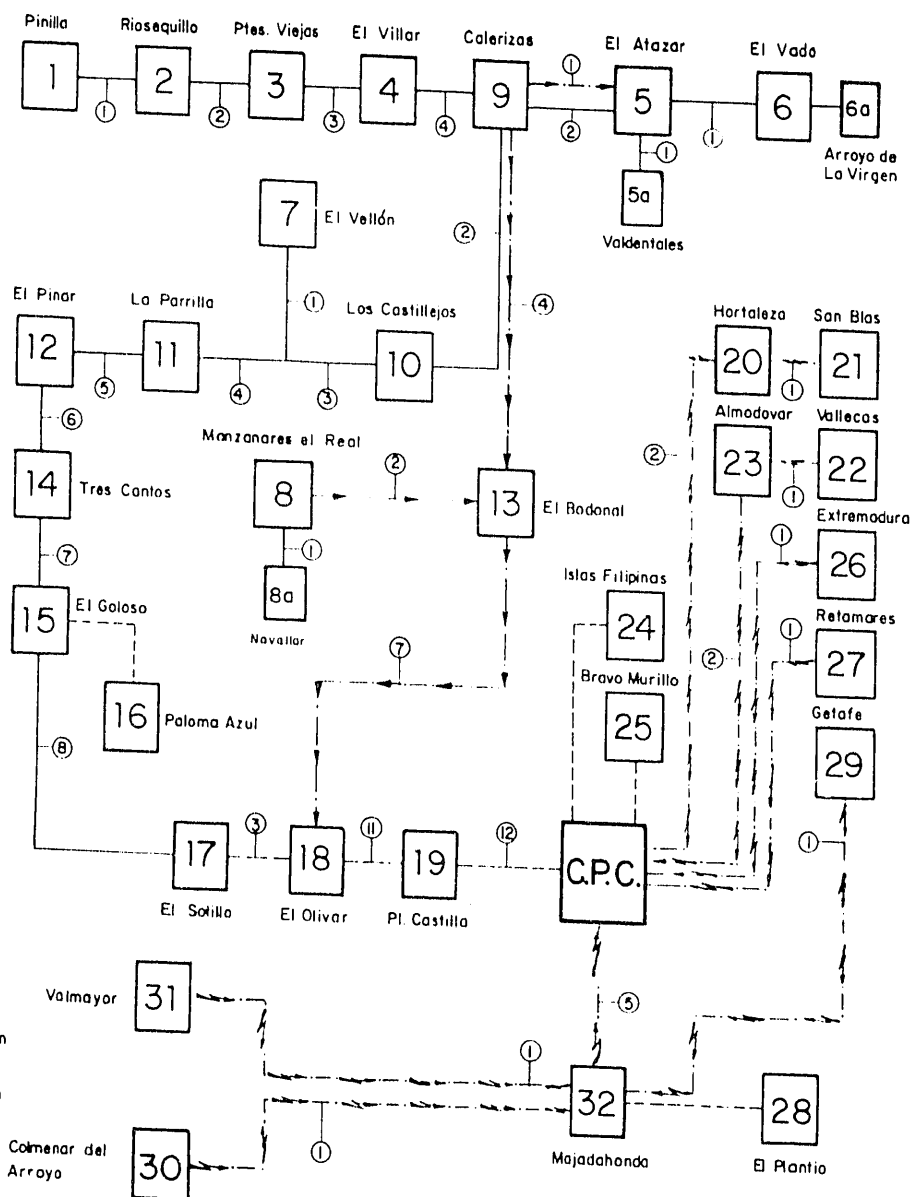


Fig. 2.—Esquema general de los enlaces.

tema de comunicaciones, no se ha eliminado el actual sistema telefónico de tipo selectivo, sino que se ha modernizado, dejándolo como reserva del sistema automático, por un par telefónico independiente. La central de conmutación de este último sistema se instala en el CPC, y es de tipo manual. El esquema de implantación se ha representado en la figura 4.

4. DESCRIPCION SOMERA DE LOS EQUIPOS DE TELECONTROL

Los datos objeto de la centralización local o reagrupamiento primario de las estaciones locales, se encuentran generalmente en forma análoga. Dado el número ele-

vado de los datos considerados imprescindibles (399 medidas y 1.431 señalizaciones y alarmas) sólo podía considerarse un sistema de transmisión por multiplexado de tiempos y digitalizado con objeto de poder utilizar en el CPC los modernos sistemas de tratamiento y visualización de la información.

Todos los datos analógicos son, por tanto, digitalizados en las estaciones locales e introducidos conjuntamente con los ya existentes en forma digital en los equipos de codificación y multiplexado. La salida de estos modula canales de baja frecuencia, que comparten la banda telefónica (limitada a 2kHz), para ser transmitido el conjunto por los equipos definidos en el capítulo anterior.

Con objeto de limitar los tiempos de transmisión y

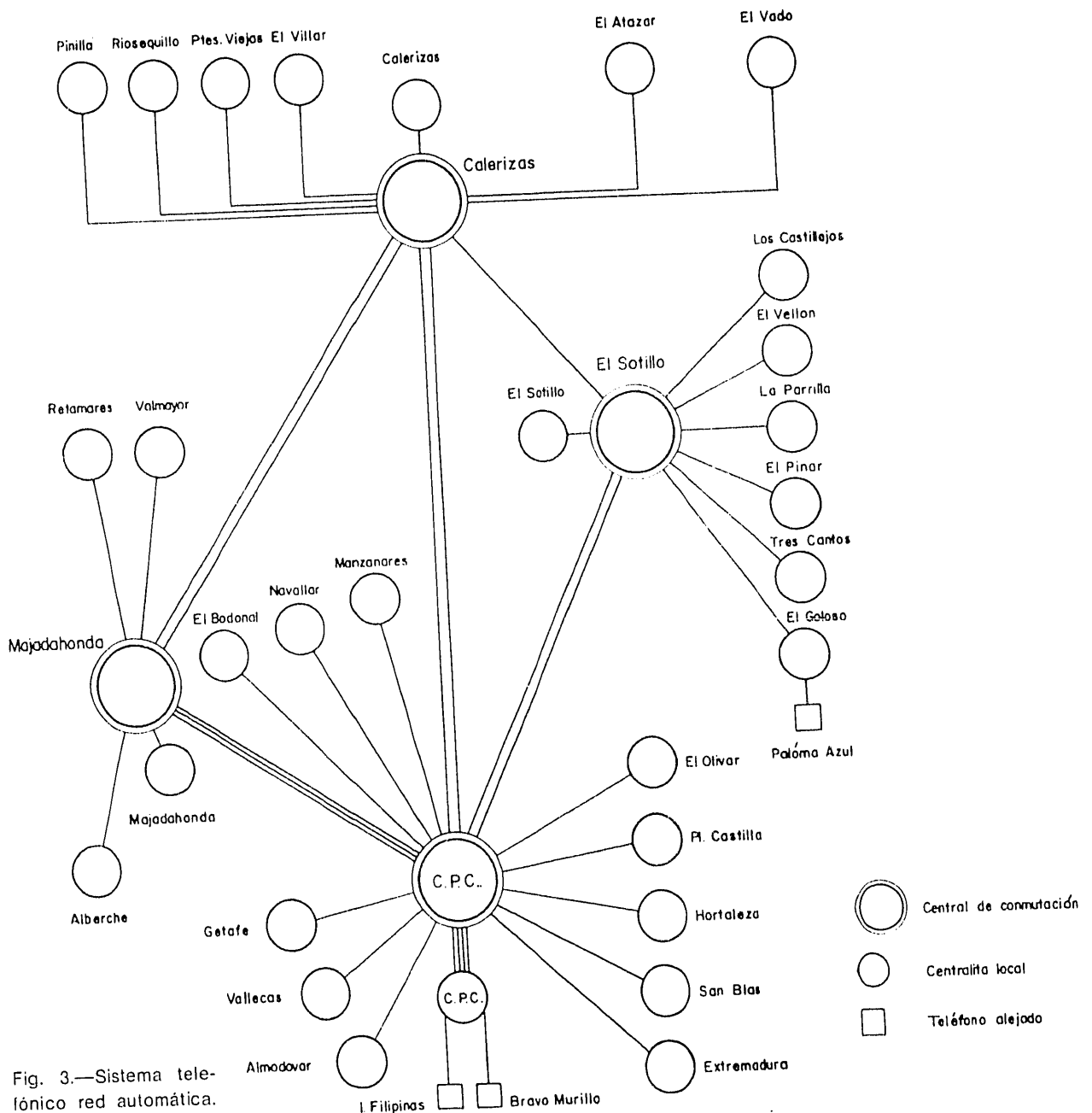


Fig. 3.—Sistema telefónico red automática.

aumentar la seguridad del conjunto, se han definido cuatro sistemas de recepción de datos en el CPC, que funcionan simultáneamente. De esta manera, la avería de un equipo nunca afecta a más del 30 por 100 de los datos recibidos.

A una velocidad de transmisión de 200 Bd, el ciclo total tiene una duración inferior a once segundos, lo que para el sistema hidráulico que nos ocupa es un tiempo perfectamente admisible, ya que la maniobra de los elementos reguladores nunca se realiza en tiempos inferiores al minuto.

Por otra parte, la codificación de datos se realiza mediante un código polinómico, con una distancia de Hamming de 4. Este código permite la detección de cualquier

error de orden impar, de cualquier error de orden 2 y de más del 96 por 100 de los errores de orden superior.

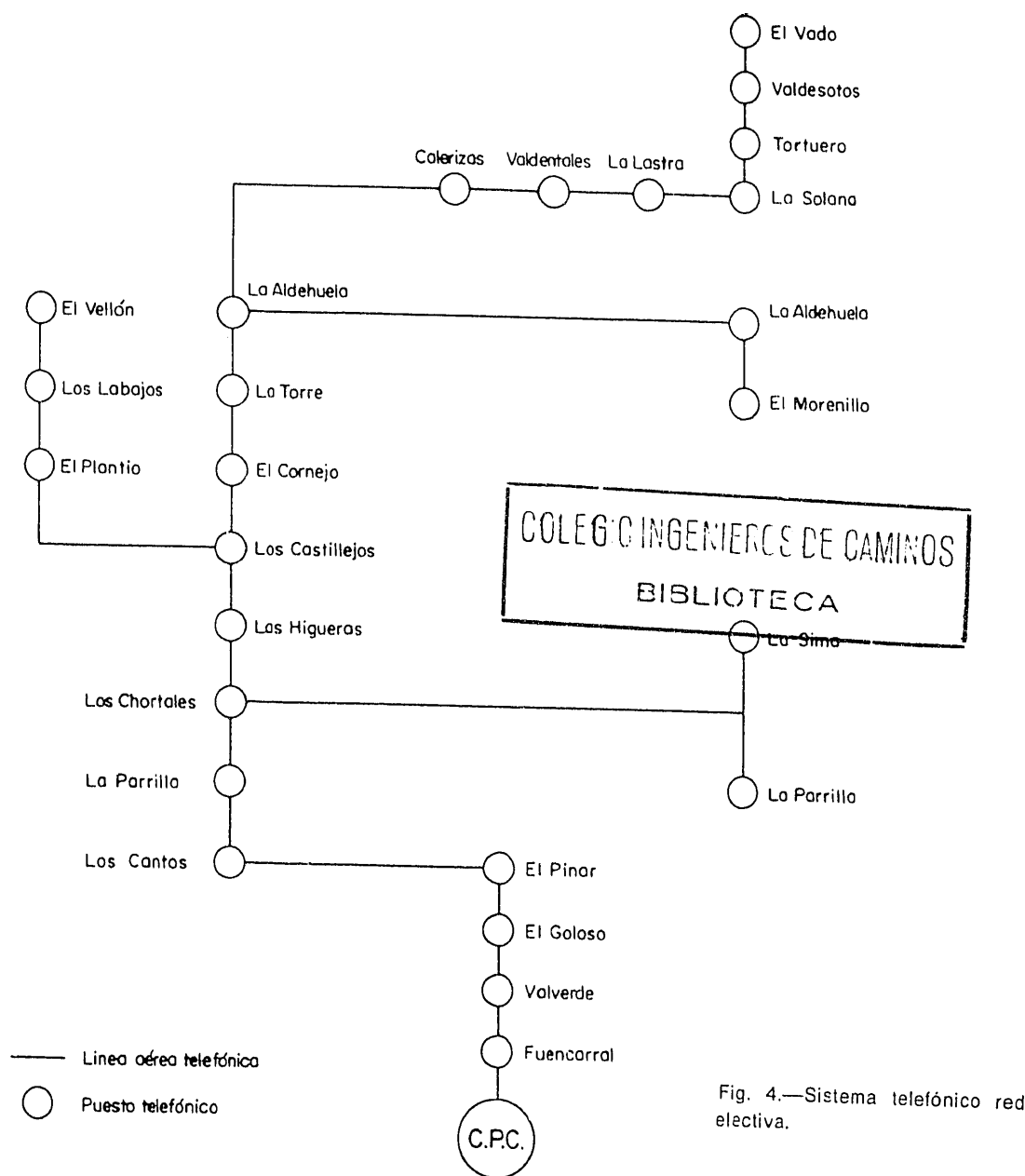
Por lo tanto, estas seguridades tecnológicas garantizan una recepción con una garantía de fiabilidad de los datos elevadísima.

El posterior tratamiento de estos datos y la elección de procedimientos *software* adecuados permite detectar el 100 por 100 de los errores posibles que no hubiera detectado el sistema de transmisión.

5. EQUIPOS DEL CENTRO PRINCIPAL DE CONTROL

a) Introducción.

La explotación del sistema se realizará desde un pu-



pitre de control instalado en el C.P.C., en el que, aunque se han previsto dos puestos de operador, teóricamente un solo operador podría manejar todo el sistema.

Los datos recibidos por el sistema de transmisión son introducidos en paralelo en dos ordenadores gemelos. Ambos ordenadores se controlan mutuamente, y en caso de avería de uno de ellos el otro continua realizando las operaciones de tratamiento.

b) Primera fase.

En primera fase las operaciones encomendada a los ordenadores son las siguientes:

- Control de las medidas, mediante fijación de límites.

- Análisis de tendencias y control de los límites respectivos.
- Conversión de valores y transformación de escalas.
- Almacenamiento de datos.
- Impresión de diarios.
- Registro cronológico de sucesos.
- Visualización de esquemas y datos en las pantallas catódicas.

c) Fases sucesivas.

En etapas posteriores se pretende procesar la información sea en los propios ordenadores o en un tercer ordenador de mayor capacidad, con objeto de obtener:

- Previsiones de consumo a corto plazo (veinticuatro horas).
- Previsiones de consumo a medio y largo plazo.
- Previsiones de aforo en las captaciones.
- Control de continuidad del sistema hidráulico (modelo matemático de los canales).
- Establecimiento de caminos críticos en la alimentación.
- Determinación de ciertas maniobras, con objeto de

conseguir un funcionamiento automático de aquellas partes de las instalaciones que permitan esta modalidad de explotación.

d) *Plazos de cada fase.*

Estimamos que es posible conseguir, relativamente a corto plazo (tres o cuatro años), un funcionamiento en guía operador; la gestión automatizada total no creemos que sea realizable hasta mucho después. La causa es el gran

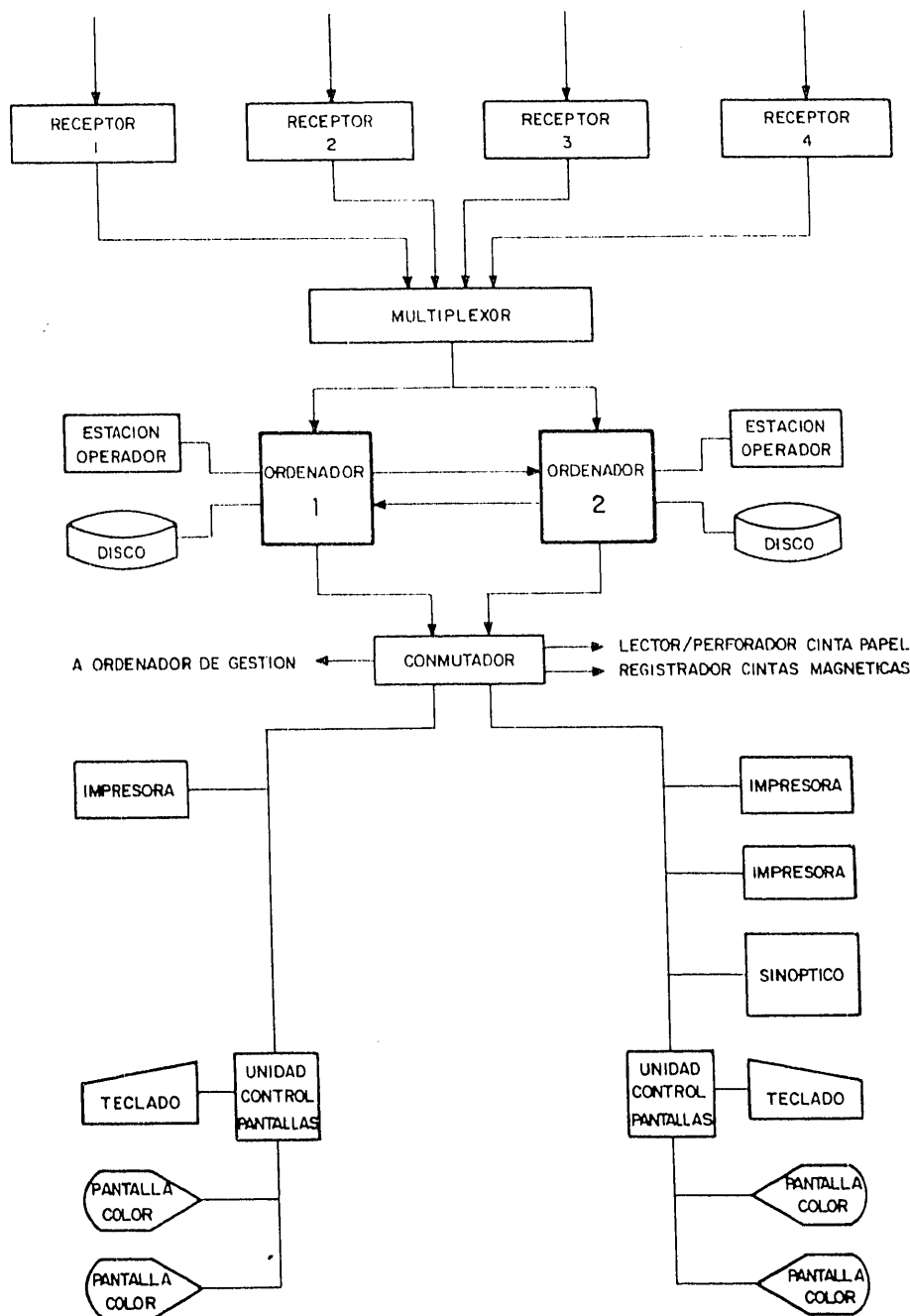


Fig. 5.—Configuración del centro principal de control.

número de variables y parámetros existentes y la dificultad de establecer las ecuaciones correspondientes con la suficiente seguridad. Es necesario, por lo tanto, adquirir primeramente la experiencia suficiente en cada nueva fase de explotación, para poder establecer los criterios más seguros en el futuro.

e) Otros equipos.

Además de las pantallas catódicas, existirá un esquema sinóptico muy simplificado de las instalaciones, en el que se representarán las medidas más significativas del sistema (volúmenes de embalses y depósitos, caudales totales de las grandes conducciones) y el estado de alarma de las estaciones, así como la señalización del mando (local-remoto) correspondiente a dichas estaciones. El esquema de estos equipos se ha representado en la figura 5.

6. EQUIPOS AUXILIARES

a) El concepto de máxima seguridad que ha determinado la concepción del sistema, no habría sido respetado si no se hubieran considerado las posibles averías en la red de alimentación. Los tiempos medios de averías en dicha red no suelen superar los treinta minutos, pudiendo alcanzar varias horas si la avería es debida a roturas del tendido o caída de algún poste.

En función de estos datos se han previsto alimentaciones de emergencia, con una autonomía de una hora a plena potencia. Si al cabo de ese tiempo sigue faltando la red principal, la carga correspondiente a los captadores y a los multiplexores se desconecta, quedando sólo en servicio las comunicaciones telefónicas. En estas condiciones, las baterías aún pueden funcionar durante nueve horas más, garantizando dichas comunicaciones. Al restablecerse el servicio, las baterías se recargan automáticamente en un periodo aproximadamente el doble del de descarga. Las baterías seleccionadas son de níquel-cadmio, en receptáculos herméticos. La carga se realiza a corriente constante, estando los equipos cargados protegidos contra eventuales cortocircuitos o sobrecargas.

b) La instrumentación y los equipos de transmisión se alimentan con corriente continua normalizada de 24 V. Las centralitas telefónicas funcionan a partir de esa misma tensión, con un convertidor 24-48 V. Los puntos alejados, que no permitían la alimentación directa a 24 Vcc de las baterías. Un equipo rectificador-estabilizador, de pequeña potencia, transforma en el punto local esa tensión en los 24 Vcc necesarios al captador.

De esta forma se ha conseguido normalizar la instrumentación de una manera extraordinaria, ya que con sólo una decena de equipos diferentes se han cubierto las necesidades de estas instalaciones.

c) Otros equipos auxiliares que merecen un comentario son los repartidores locales. Se trata de armarios o cajas de terminales, por donde transitan todos los cables de cada estación, y que permiten la fácil localización de

cualquier avería y el seccionamiento del o de los tramos afectados, sin necesidad de manipular cualquier otro equipo. En dichos repartidores se han ubicado los relés de separación galvánica de circuitos y los elementos de protección de las líneas, sean los fusibles o los descargadores.

d) Se han estudiado, asimismo, con particular interés las tomas de tierra necesarias a la buena protección de los equipos, definiendo unos pozos y un material que proporcionen resistencias máximas del orden de 5 ohmios. Se montan pequeños aspersores en cada zona de la toma de tierra o de la malla, según los casos, con objeto de mantener las condiciones de humedad idóneas.

7. INSTRUMENTACION

a) Los criterios aplicados a la elección de los equipos de medida o captadores han sido los siguientes:

1. Campos de medida, ajustables fácilmente sin necesidad de cambiar el circuito principal del aparato.
2. Gran robustez mecánica y eléctrica, entendiéndose por esta última la posibilidad de soportar parásitos de hasta 1 KV de amplitud, sin destrucción del circuito.
3. Acceso y reemplazo fácil de los componentes o circuitos averiados.

b) Por otra parte, se determinaron los equipos más económicos en función de la precisión de medida necesaria en cada caso.

Resumimos a continuación los tipos de medidores utilizados, según las magnitudes a controlar, así como el posterior tratamiento de la medida.

c) Embalses:

1. Medición del nivel del agua, con una precisión de 2 cm. El conocimiento de este nivel permite deducir el volumen embalsado, operación realizada por el vigilante local o por el ordenador del C.P.C.

Para alcanzar dicha precisión, sobre alturas que alcanzan casi 100 m, ha sido necesario utilizar balanzas hidrostáticas y elementos de salida digitalizados. La lectura local se realiza, por lo tanto, mediante indicadores numéricos que visualizan la cota relativa del nivel del embalse.

Por otra parte, la variación del volumen, conociendo los caudales de salida, permite deducir el valor medio de las aportaciones, sin necesidad de realizar costosas obras para el aforo de los ríos.

2. Medición del porcentaje de apertura en aliviaderos de superficie y válvulas de desagüe, con una precisión del 1 por 100. El conocimiento de estos valores, asociado al del nivel del embalse, permite deducir los caudales vertidos. El elemento utilizado es un convertidor de tipo capacitivo, accionado por un eje de la válvula o compuerta. El indicador local es de tipo analógico y la corriente máxima de medida de 20 mA.

Se señalan además las posiciones extremas mediante finales de carrera.

3. Medición de la turbiedad del agua, en la torre de toma, con una precisión del 3 por 100.

En el caso de torres con posibilidad de varios niveles de toma esta medida permite seleccionar la zona más limpia y que, por lo tanto, necesitará el mínimo tratamiento.

4. Alarmas de máximo nivel y aviso de vertido. Obtenidas mediante detectores estáticos, independientes del captador de nivel, para mayor seguridad del sistema.

d) Canales en régimen libre:

Medición de los caudales circulantes, mediante limnímetros de flotador, con una precisión del 1 por 100. El elemento utilizado es un convertidor de tipo capacitivo accionado por el flotador. La medida de nivel obtenida permite deducir el caudal circulante, mediante ábacos de alfor. En el C.P.C. esta conversión es realizada automáticamente por el ordenador. La medida local es de tipo analógico y el aparato indicador está equipado de doble escala, para la lectura del nivel y del caudal.

Estas medidas permiten el establecimiento de los controles de continuidad, así como la rápida localización y evaluación de las fugas de cierta importancia en los diversos tramos considerados.

Algunas de estas medidas se realizan por duplicado, en lugares distantes de un mismo canal o trayecto, con objeto de contrastar valores y, sobre todo, conocer la velocidad de propagación de fenómenos transitorios en los cambios de régimen, velocidades de circulación y detección de fugas en dichos tramos.

e) Conducciones en carga:

1. Medición de los caudales circulantes mediante órganos de primógenos: Venturi o Pitot. El captador está constituido por un manómetro diferencial, con los elementos correctores necesarios para proporcionar una corriente de salida proporcional al caudal. La precisión obtenida es del orden del 2 por 100.

El indicador local es de tipo analógico.

El tratamiento de estas medidas es similar al indicado en el párrafo anterior.

2. Medición de la presión, con una precisión del 1 por 100, mediante manómetros con convertidor capacitivo.

Estas medidas permiten vigilar la carga correcta de las conducciones y, por lo tanto, la distribución conveniente en los abastecimientos.

3. Detección de valores de presión máximos o mínimos, en algunos nudos de importancia, para el consiguiente establecimiento del estado de alarma, si el valor está fuera de límites.

f) Depósitos:

1. Medición del nivel en cada compartimiento, con una precisión del 1 por 100. Esta medida permite cono-

cer el volumen correspondiente, y la variación de dicha medida, la tendencia.

Por otra parte, se obtiene la continuidad en el abastecimiento y el control del correcto funcionamiento de las instalaciones comparando el valor numérico de la tendencia con la diferencia entre los caudales de entrada y de salida. Una diferencia positiva denota una fuga y una diferencia negativa corresponde a un error de medida o de cálculo.

- g) En el cuadro 1 se han resumido los componentes del sistema descrito.

8. INVERSIONES

Las inversiones estimadas para las instalaciones incluidas en la primera etapa, definida en el párrafo 2, a), se cifran en unos 700 millones de pesetas, incluyendo en dicha cifra el importe de las obras civiles precisas (edificios, zanjas para alojamientos de cables, etc.).

CUADRO 1

Resumen de elementos componentes del sistema.

1 centro principal de control.
32 estaciones locales.
3 subestaciones.
11 equipos de transmisión por radio.
27 equipos de transmisión por corrientes portadoras.
35 equipos de transmisión de datos.
68 canales FSK de transmisión de datos.
48 equipos de alimentación de emergencia.
35 cuadros repartidores.
35 cuadros de control local.
4 centrales de tránsito.
30 centralitas de conmutación local.
504 teléfonos de la red automática.
27 teléfonos de la red selectiva.
9 balanzas hidrostáticas.
6 turbidímetros.
71 manómetros diferenciales.
53 manómetros.
9 presostatos.
111 limnímetros de flotador.
147 nivostatos.
149 medidores de posición.
630 señalizaciones dobles de posición.
15 alarmas diversas.
86 Km de cable de control enterrado.
140 Km de líneas aéreas telefónicas.