



60ª REUNION EJECUTIVA DEL COMITE
INTERNACIONAL DE GRANDES PRESAS

60th EXECUTIVE MEETING OF THE
INTERNATIONAL COMMISSION ON LARGE DAMS

CONFEDERACION HIDROGRAFICA DEL SEGURA
SAIH



GRANADA 1992

SISTEMA AUTOMATICO DE INFORMACION HIDROLOGICA. CUENCA DEL SEGURA

EL PROYECTO S.A.I.H.

1. ANTECEDENTES Y FUNDAMENTOS

El S.A.I.H. es una actuación de la Dirección General de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas y Transportes, que pretende, mediante la creación de una red telemática privada con carácter de autoprestación, mejorar el conocimiento de la situación hidrológica en distintas cuencas hidrográficas peninsulares.

Tal mejora de información podrá redundar en una mejor explotación de los recursos hidráulicos, en la disponibilidad de estadísticas hídricas más completas y fiables, en la posibilidad de realizar alertas y predicciones en situaciones extremas de crecida, etc.

La ejecución del proyecto, en la Cuenca del Segura, ha sido encomendada a la Confederación Hidrográfica del Segura, dentro de su ámbito territorial, encontrándose en la actualidad en su fase final de ejecución. Junto al Segura, se encuentran en desarrollo los proyectos de las cuencas del Júcar, Sur, Pirineo Oriental y Ebro.

Este sistema telemático aplicado a la hidrología de la cuenca del Segura, por el carácter de fiabilidad que debe ofrecer, posee matices marcadamente particulares. Como ejemplo se puede citar el hecho de que la red esté soportada por infraestructuras radioeléctricas, o que los equipos "hardware" y el protocolo de comunicaciones sean específicos, desarrollados "ad hoc".

Si a estas consideraciones añadimos la relativa escasez de sistemas de este tipo existentes en el sector de la ingeniería civil, su conocimiento resulta de especial interés en este contexto.

AUTOMATIC SYSTEM OF HYDROLOGICAL INFORMATION OF THE BASIN OF THE RIVER SEGURA

THE S.A.I.H. PROJECT

1. BACKGROUND AND FUNDAMENTALS

The S.A.I.H. is a project of the General Direction of Hydraulic Works of the Ministry of Public Works and Transport, which proposes, by way of the creation of a private data transmission network for its own use, to improve the knowledge of the hydrological situation in various hydrographic basins of the Iberian peninsula.

Such an improvement in information could result in a better exploitation of the hydraulic resources, in the availability of more complete and reliable hydric statistics, in the possibility of early warnings and forecasts in extreme flood situations, etc.

The responsibility for carrying out the project, in the basin of the river Segura, has been put in the hands of the Hydrographic Confederation of the river Segura, within its territorial limits, being at this moment in its final phase of execution. Together with the Segura, other projects are being developed in the Basins of the Júcar, South, Eastern Pyrenees and Ebro.

This data transmission system applied to the hydrology of the basin of the river Segura, due to the necessary reliability which it must offer, possesses markedly specific details. As an example can be quoted the fact that the network is backed up or supported by radioelectric infrastructures, or that the hardware equipment and the communications protocol are specific, developed "ad hoc".

If to these considerations we add the relative scarcity of systems of this type in the civil engineering sector, its knowledge results of special interest in this context.

2. ESQUEMA FUNCIONAL DEL SISTEMA

El S.A.I.H., se compone de una red de captura de datos hidrológicos esparcida por todo el ámbito territorial de la Confederación Hidrográfica del Segura, de un conjunto de sensores capaz de captar variables físico-hidráulicas, de una red de transmisión radioeléctrica, y de un sistema informático central encargado del proceso de las informaciones recibidas.

El objetivo del Proyecto es la captura de datos en tiempo real (a escala hidrológica), el envío de los datos a un centro de recepción con la frecuencia temporal que se desee, el almacenamiento de estos datos en un miniordenador situado en el centro de recepción, la elaboración y presentación de los datos de forma numérica y gráfica y, la emisión automática y periódica de informes y partes estadísticos.

Con la terminología utilizada en este campo, la red de captura son terminales (Data Transmit Equipment), cuyas informaciones les son proporcionadas por sensores electrónicos que se encargan de medir información hidrológica significativa de la red hídrica. Estos terminales de la red se denominan puntos de control.

El punto de control como subsistema lo componen diferentes módulos: el de control propiamente dicho, el de alimentación, el de sensorización y el de transmisión. El número de puntos de control existente en la actualidad, y que podrá verse aumentado en el futuro, asciende a la cantidad de 92, y se extienden desde la cabecera del río Segura hasta su desembocadura, incluyendo sus afluentes principales, algunas ramblas costeras, las infraestructuras de los canales del Postravase Tajo-Segura, algunas acequias significativas, etc. La dispersión geográfica de los puntos es, como se comprende, muy considerable.

El punto de control, tras recibir medidas tales como la altura de la lámina de agua en un cauce, la lluvia que cae en un momento determinado o el flujo de agua a través de una tubería, se encarga de realizar un filtrado de los valores obtenidos y de secuencializarlos para su transmisión al centro de proceso situado en Murcia, en las dependencias de la Confederación Hidrográfica del Segura.

2. FUNCTIONAL SCHEME OF THE SYSTEM

The S.A.I.H. is composed of a network for the collection of hydrological data over all the territorial area of the Confederación Hidrográfica del Segura, of a group of sensors capable of picking up physical-hydraulic variables, of a radioelectric transmission network and of a central computer system responsible for the processing of the information received.

The object of the Project is to pick up data in real time (on a hydrological scale), the sending of the data to a reception centre with the time frequency desired, the storage of this data on a minicomputer situated in the reception centre, the processing and presentation of the data in numerical and graphical form, and the automatic and periodic emission of communiqués and statistical reports.

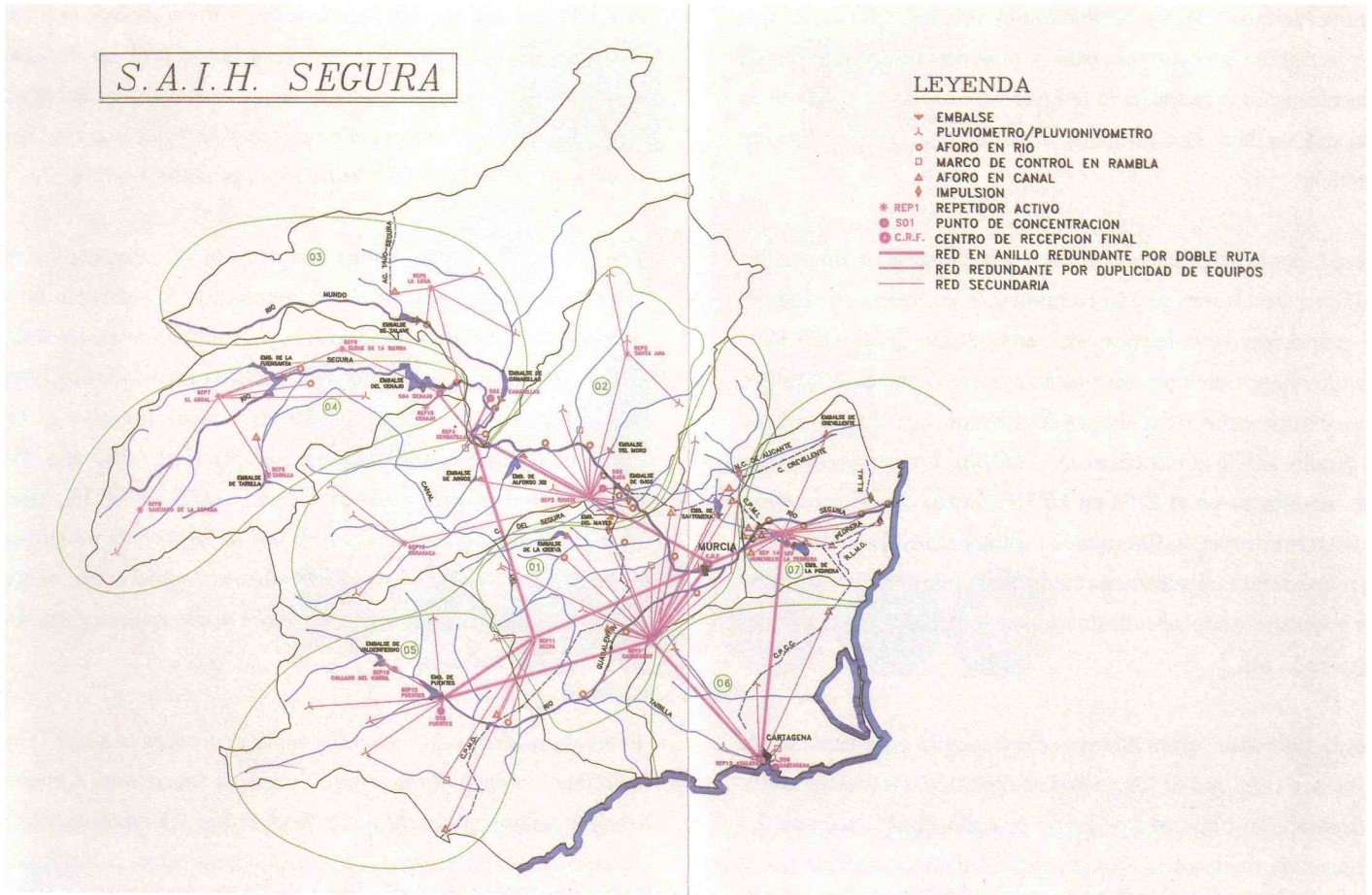
With the terminology used in this field, the pickup network are terminals (Data Transmit Equipment), whose information is provided by electronic sensors that have the mission of measuring significant hydrological information from the hydric network. These network terminals are known as control points.

The control point as a subsystem is composed of different modules: that of control in the strict sense of the word, that of feeder, that of sensor and that of transmission. The number of control points actually existing, and which could be increased in the future, reaches a total of 92, and they extend from the headwaters of the river Segura down to its mouth, including its principal tributaries, some coastal wadis, the infrastructures of the canals of the Postinterbasin diversion Tajo-Segura, some significant irrigation canals, etc. The geographical dispersion of the points is, as will be understood, very considerable.

The control point, after receiving measurements such as the height of the lamina of water in a river bed, the rain which falls in any determined moment or the flow of water through a tube, undertakes the filtering of the obtained values and sequences them for their transmission to the processing centre situated in Murcia, in the offices of the Confederación Hidrográfica del Segura.

Como referencia para evaluar la exhaustividad de la toma de datos, cabe aportar el valor temporal de la frecuencia del ciclo de interrogación de cada punto, que es de 5 minutos, y puede modificarse a voluntad del usuario. Una prestación adicional es la de fonía en períodos de no transmisión de datos.

As a reference for assessing the comprehensiveness of the taking of data, one might quote the time value of the frequency of the interrogation cycle of each point, that is 5 minutes, and can be modified according to the requirements of the user. Another additional feature is that of "telephony" in periods of non transmission of data.



CUENCA HIDROGRAFICA DEL SEGURA

3. CENTRO DE PROCESO Y RED DE TRANSMISION

Entre terminales y centro de proceso se desarrolla una red telemática privada que es aportada por el propio sistema. Esta red se encarga de transmitir las informaciones que se generan en forma de tramas síncronas y formando paquetes de diferentes longitudes.

Analizado el singular entorno en el que debe desarrollarse el funcionamiento del sistema, se eligió el medio radioeléctrico como soporte de las transmisiones. Otros factores tenidos en

3. PROCESSING CENTRE AND TRANSMISSION NETWORK

Between the terminals and the processing centre a private data transmission network is developed within the very system. This network carries out the transmission of the information that is generated in the form of synchronous "links" and forming packets of different lengths.

Analysing the exceptional setting in which the functioning of the system must develop, the radioelectric method was chosen to back up the transmissions. Other factors taken into account,

cuenta, en su momento, fueron los de índole económica. La ubicación de los puntos terminales coincide con lugares a los que la red pública de datos no llega, por lo que el acercarla mediante sistemas de alta seguridad hubiera supuesto una inversión de magnitud desproporcionada.

La red se subdivide a su vez en dos subredes: una primaria y otra secundaria. La red secundaria es una red en estrella que se encarga de recoger los datos y ponerlos en los centros de concentración o nudos de la red telemática. La red primaria es una red mallada con circuitos virtuales que realizan routing estático.

La red, por la asignación de bandas y frecuencias realizada por la Dirección General de Telecomunicaciones, opera en régimen de monocanal, con anchura de canalización igual a 25 KHz. Aunque es posible transmitir hasta una velocidad de 2.400 bps, por circunstancias tecnológicas confluyentes en el momento de su diseño, se fijó la velocidad en 1.200 bps. Los pulsos digitales son modulados en el DTE en DPSK (cuatro cambios de fase) y, posteriormente, en FM para su radioteletransmisión. Una red de relevadores radioeléctricos cuidadosamente elegidos trasladan los impulsos modulados hasta los nodos o puntos de concentración de la red.

Desde los nodos parten interrogaciones según unas ventanas de tiempo, a cada uno de los puntos de control, de forma sucesiva. Terminado el ciclo de "polling", el nodo queda durante 2,5 minutos de tiempo a la escucha de su subzona asociada por si se produce alguna llamada de "select". El desencadenante de este proceso siempre es una alarma. Esta fase temporal sigue un modelo probabilístico. Existe una reglamentación similar a la CSMA/CD para resolver los conflictos de colisiones.

Los nodos de conmutación se encargan de confeccionar tramas de longitud variable en función del número de puntos asociados que poseen, las cuales son transmitidas en modo síncrono al centro de proceso en el Centro de cuenca. Los nodos poseen tablas que establecen el encaminamiento de forma estática. No se debe olvidar que la red primaria también se caracteriza por ser monocanal. Esta red está diseñada de modo anular, con lo que siempre existen dos caminos para transportar la información en Murcia; el punto de concentración siempre envía los mensa-

at the time, were those of an economic nature. The location of the terminal points coincide with places where the public data network does not reach, and bringing it nearer by way of high security systems would have meant an investment of disproportionate magnitude.

The network is subdivided in its turn in two subnetworks: one primary and the other secondary. The secondary network is a star shaped network that undertakes to pick up the data and places them in the centres of concentration or nodes of the data transmission network. The primary network is a grid network with virtual circuits that carry out static routing.

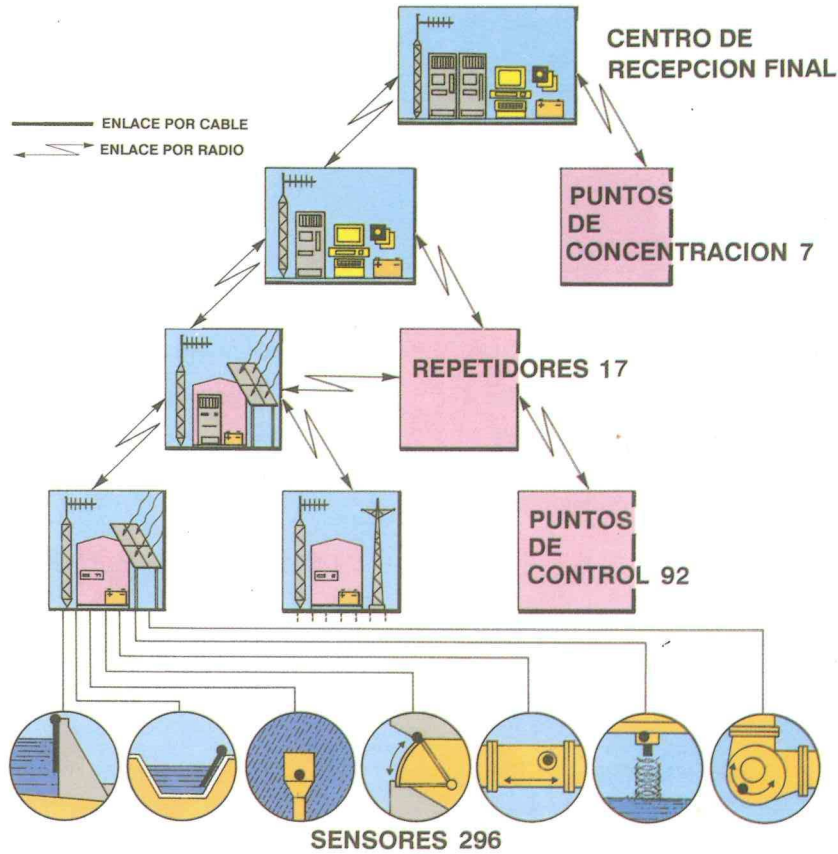
The network due to the bands and frequencies assigned by the "Dirección General de Telecomunicaciones", operates on a monochannel basis, with a width of canalisation equal to 25 KHz. Although it is possible to transmit up to a velocity of 2,400 bps, for technological circumstances coming together at the moment of its design the velocity was fixed at 1,200 bps. The digital impulses are modulated in the DTE in DPSK, (four changes of phase), and afterwards in FM for its radioteletransmission. A network of carefully chosen radioelectric relays transfer the modulated impulses to the nodes of concentration points of the network.

From the nodes questions are sent out according to some "time windows" to each of the control points in succession. Completing the polling cycle, the node stays during 2,5 minutes of time listening to its associated subzone in case a select call is made. The setting off of this process is always an alarm signal. This temporary phase follows a probabilistic model. Similar regulations to the CSMA/CD exist to resolve collision conflicts.

The conmutation nodes undertake the making of links of variable length in function of the number of associated points which they possess, which are transmitted in a synchronous manner to the process centre in the "Basin Centre". The nodes possess tables that establish the direction in a static manner. It must not be forgotten that the primary network is also characterised by being monochannel. This network is designed in an annular form, with which there always exist two ways to transmit the information in Murcia: the concentration point always sends

jes por dos caminos. Este procedimiento de diversidad disminuye la tasa de fallo en los mensajes.

the messages by two ways. This diversification procedure diminishes the probability of errors in the messages.



La especificación funcional de la red primaria es similar a la secundaria. Se establecen también ventanas de tiempo para cada nodo, para que de forma secuencial se transmitan sus datos al centro de proceso. Existe asimismo un tiempo para circulación de alarmas. La principal diferencia está en que, en la segunda, la limitación temporal viene determinada por los tiempos de establecimiento de los caminos desde DTE hasta nodos y, en la primera, por la longitud de las tramas.

The functional specifications of the primary network is similar to the secondary. They also establish "time windows" for each node, in order that in a sequential manner they transmit their data to the processing centre. There also exists a time for the transmission of alarms. The principal difference being in that in the second network the time limitation is determined by the times established of the paths from DTE up to nodes, and in the first network by the length of the links.

El canal digital permite la transmisión analógica de voz en los períodos de alarmas manteniéndose la prioridad de las transmisiones digitales. Esta prestación añadida se pensó para facilitar la labor del personal encargado del mantenimiento.

The digital channel permits the analogical transmission of voice in the alarm periods maintaining the priority of the digital transmissions. This added feature was thought of in order to facilitate the work of the personnel in charge of maintenance.

La red transmite de forma síncrona pero sin utilizar ningún protocolo estandarizado por el CCITT. En parte, los protocolos usados han sido desarrollados expresamente para este sistema

The network transmits in a synchronous manner but without using any protocol standardized by the CCITT. In part, the protocols used have been developed expressly for this system

tratando de conjugar alta fiabilidad y tiempos de transmisión mínimos.

Por su parte, el centro de proceso de datos se construye en torno a un sistema informático que posee una arquitectura de red de área local. En concreto, se eligió la arquitectura DECNET soportada por el protocolo Ethernet. La red de área local permite que, en los distintos servicios de la Confederación, ubicados en distintas partes del edificio, se disponga de puntos de conexión para terminales u ordenadores personales, que pueden acceder a la información disponible en la red.

La organización elegida para la información generada ha sido la de una base de datos relacional. Los servicios disponibles a través de la LAN son, como es de prever, amplios y con extensas posibilidades de intercambio con otros entornos distantes.

4. COMPONENTES DEL SISTEMA

Una idea de la magnitud del sistema nos la puede dar la estadística de elementos que lo integran:

SENSORES

- Pluviómetros	64
- Pluvionivómetros	3
- Niveles de embalse	15
- Caudalímetros en tubería	14
- Medidores de posición en compuerta	38
- Alarmas de nivel	48
- Medidores de nivel piezométricos	35
- Medidores de nivel ultrasónico	55
- Medidores de nivel y velocidad en cauce abierto	4
- Detectores de apertura de compuerta	16
- Detectores de circulación en bombeo	4
TOTAL	296

trying to combine high reliability and minimum transmission times.

As regards the data processing centre this is based on a local computer system with a local area network. Specifically the architecture DECNET was chosen backed up by Ethernet protocol. The local area network permits that in the different services of the Confederación, located in distinct parts of the building, there are connection points for terminals and personal computers, that can have access to the available information of the network.

The organization chosen for the information generated has been that of a relational data base. The services available by way of the LAN, as is to be expected, are very extensive and with substantial interchange possibilities with other distant areas.

4. COMPONENTS OF THE SYSTEM

An idea of the magnitude of the system can be given by the statistics of the elements that form part of the system:

SENSORS

- Rain gauges	64
- Storage rain gauges	3
- Reservoir level	15
- Flow gauges in tubes	14
- Gate position gauge	38
- Water level alarms	48
- Piezometric level gauges	35
- Ultrasonic level gauges	55
- Speedometers and level indicators in open channel	4
- Gate opening detectors	16
- Pumping circulation detectors	4
TOTAL	296



INSTALACION DE MEDIDA
DEL NIVEL DE EMBALSE

WATER LEVEL
MEASUREMENT INSTALLATION

PUNTOS DE CONTROL

- Embalses	15
- Pluviómetros y pluviométricos aislados	25
- Aforos en ríos	23
- Aforos en canales	17
- Aforos en ramblas	6
- Control en impulsiones	6
TOTAL	92

CONTROL POINTS

- Reservoirs	15
- Isolated rain gauges and rain and snow gauges	25
- Flow gauging in rivers	23
- Flow gauging in canals	17
- Flow gauging in wadis	6
- Control of impulses	6
TOTAL	92



AFORO EN CANAL

CANAL GAUGE STATION



PUNTO DE CONTROL

CONTROL POINT

PUNTOS DE CONCENTRACION

- Murcia	1
- Ojós	2
- Camarillas	3
- Cenajo	4
- Puentes	5
- Cartagena	6
- La Pedrera	7

POINTS OF CONCENTRATION

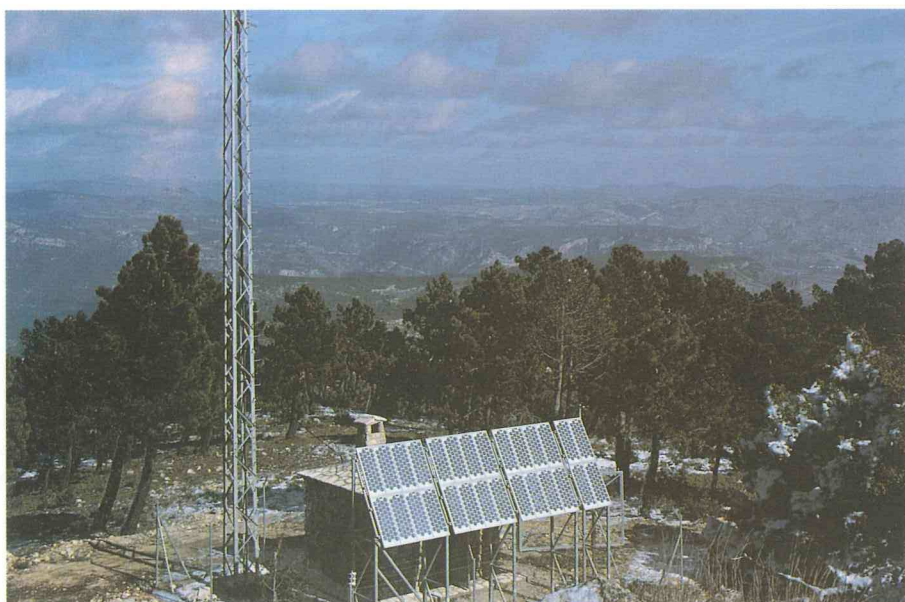
- Murcia	1
- Ojós	2
- Camarillas	3
- Cenajo	4
- Puentes	5
- Cartagena	6
- La Pedrera	7

ESTACIONES REPETIDORAS DE RADIO

- Hurchillo	1
- Serratilla	2
- Atalaya	3
- Ricote	4
- Selva	5
- Puentes	6
- Carrascoy	7
- Taibilla	8
- Santiago de la Espada	9
- Elche de la Sierra	10
- La Losa	11
- Santa Ana	12
- Cenajo	13
- Collado de Carril	14
- Caravaca	15
- El Ardal	16
- Número de equipos radio	175
- Número de enlaces radio-eléctricos	123

RADIO BOOSTER STATIONS

- Hurchillo	1
- Serratilla	2
- Atalaya	3
- Ricote	4
- Selva	5
- Puentes	6
- Carrascoy	7
- Taibilla	8
- Santiago de la Espada	9
- Elche de la Sierra	10
- La Losa	11
- Santa Ana	12
- Cenajo	13
- Collado de Carril	14
- Caravaca	15
- El Ardal	16
- Number of radio equipments	175
- Number of radioelectric links	123



REPETIDOR DE RADIO

RADIO TRANSPONDER



60ª REUNION EJECUTIVA DEL COMITE INTERNACIONAL DE GRANDES PRESAS

60th EXECUTIVE MEETING OF THE INTERNATIONAL COMMISSION ON LARGE DAMS