

Estándares de Telemetría Hídrica para la Gestión Integrada de Cuencas en Chile

Taller 1. Marzo 2018

Angel Luis Aldana Valverde

<https://www.angel-l-aldana.com>

Correo-e: angel.l.aldana@prohimet.org

Móvil/celular: +34 606 54 23 97

Consultor Independiente Internacional

Consultor OMM (Organización Meteorológica Mundial)

Consultor BM (Banco Mundial)

Coordinador de PROHIMET (<http://www.prohimet.org>)

Profesional libre

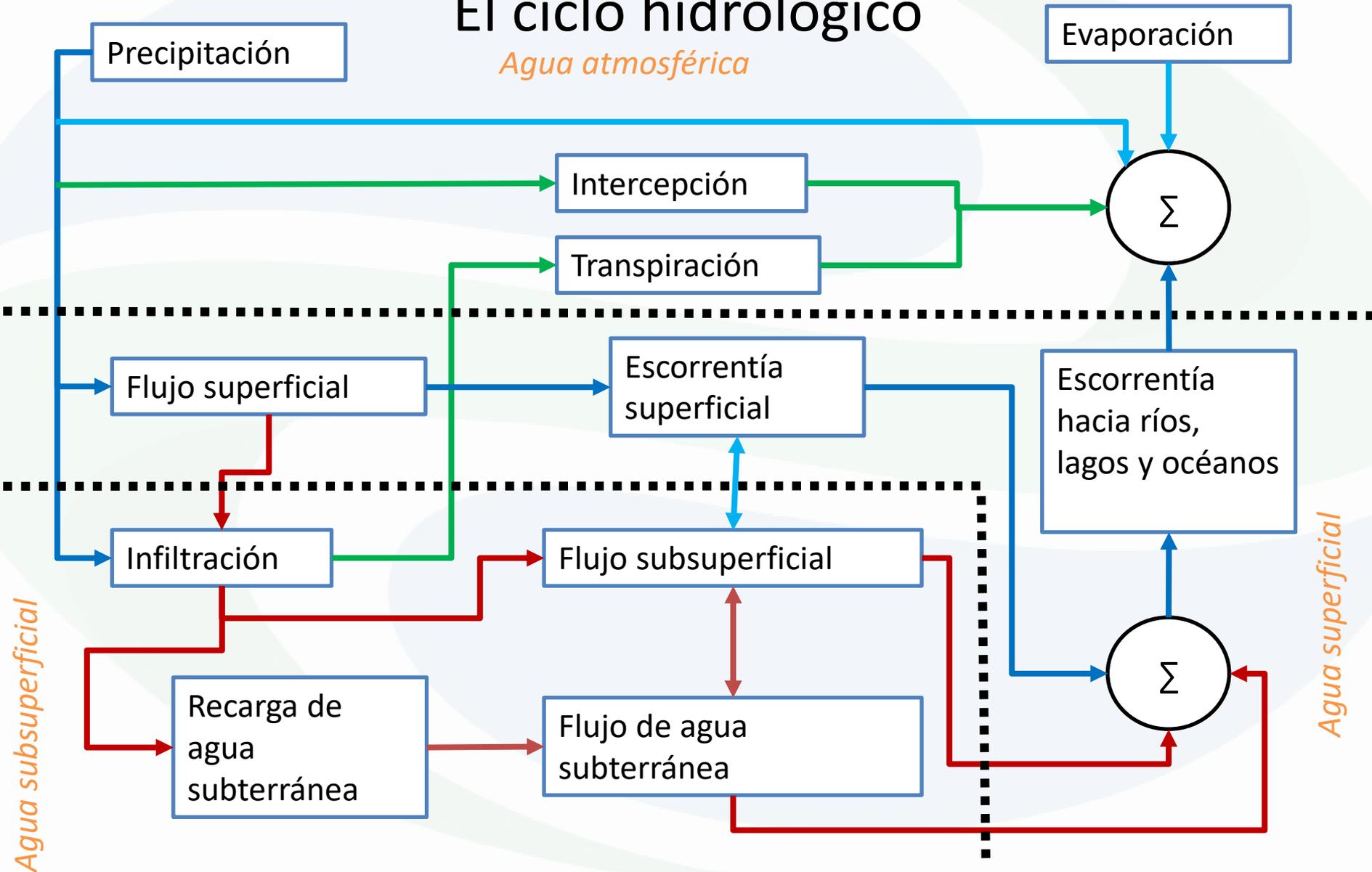
Ciclo del agua



- Fuente: <https://water.usgs.gov/edu/watercyclespanish.html>

El ciclo hidrológico

Agua atmosférica



Fuentes de información

- **La primera condición para una correcta toma de decisiones está en la acertada percepción de la realidad relacionada.**
- Por ello, los sistemas de medida y observación son la base de un SAD
- Medidas (información cuantitativa)
 - Bases de datos históricos
 - Sistemas automáticos de información hidrológica
 - Productos climáticos y meteorológicos
 - Otras fuentes
- Observaciones (información cualitativa)
 - Imágenes de satélites
 - Cámaras de televigilancia
 - Presas
 - Cauces
 - Observadores
 - Personal de campo
 - Otros colaboradores

Funciones y objetivos de una red HM

- Obtención de información relacionada con el agua destinada a constituir:
 - Bases de datos para la planificación hidrológica
 - Recursos y demandas
 - Garantías de suministro
 - Dimensionamiento de infraestructuras
 - Defensa frente a inundaciones
 - Almacenamiento y distribución de recursos
 - Bases de datos para la gestión de recursos hídricos
 - Establecimiento de resguardos
 - Desembalses, extracciones y trasvases
 - Indicadores de sequía
 - Análisis de riesgos
 - Sistema de monitoreo y pronóstico en tiempo real
 - Gestión de recursos hídricos
 - Control de consumos, concesiones, etc.
 - Gestión medioambiental
 - Navegación
 - Producción hidroeléctrica
 - Operación de infraestructuras hidráulicas
 - Sistema de alerta temprana

Clasificación de estaciones 1

- a) estaciones hidrométricas;
- b) estaciones de aguas subterráneas;
- c) estaciones climatológicas y estaciones pluviométricas para fines hidrológicos;
- d) estaciones hidrológicas para fines especiales.

– Fuente: Reglamento Técnico. Vol III. Hidrología. OMM-049

Clasificación de estaciones

- Presas y embalses
 - Nivel de embalse
 - Caudales de salida
 - Vertederos
 - Desagües
 - Tomas
- Ríos
 - Nivel
 - Caudal
- Conducciones
 - Canales
 - Cerradas
- Piezométricas
- Nivelógicas
- Pluviométricas para fines hidrológicos
- Climatológicas para fines hidrológicos

Estándar

- estándar
 - Del ingl. standard.
 - 1. adj. Que sirve como tipo, modelo, norma, patrón o referencia.
 - 2. m. Tipo, modelo, patrón, nivel.
 - » Real Academia Española © Todos los derechos reservados

estándar	standard
Un documento que especifica un área tecnológica con un ámbito de aplicación bien definido, generalmente por un órgano y proceso de normalización formal	A document that specifies a technological area with a well-defined scope, usually by a formal standardization body and process

▪ <http://www.opengeospatial.org/ogc/glossary>

Normalización y estandarización

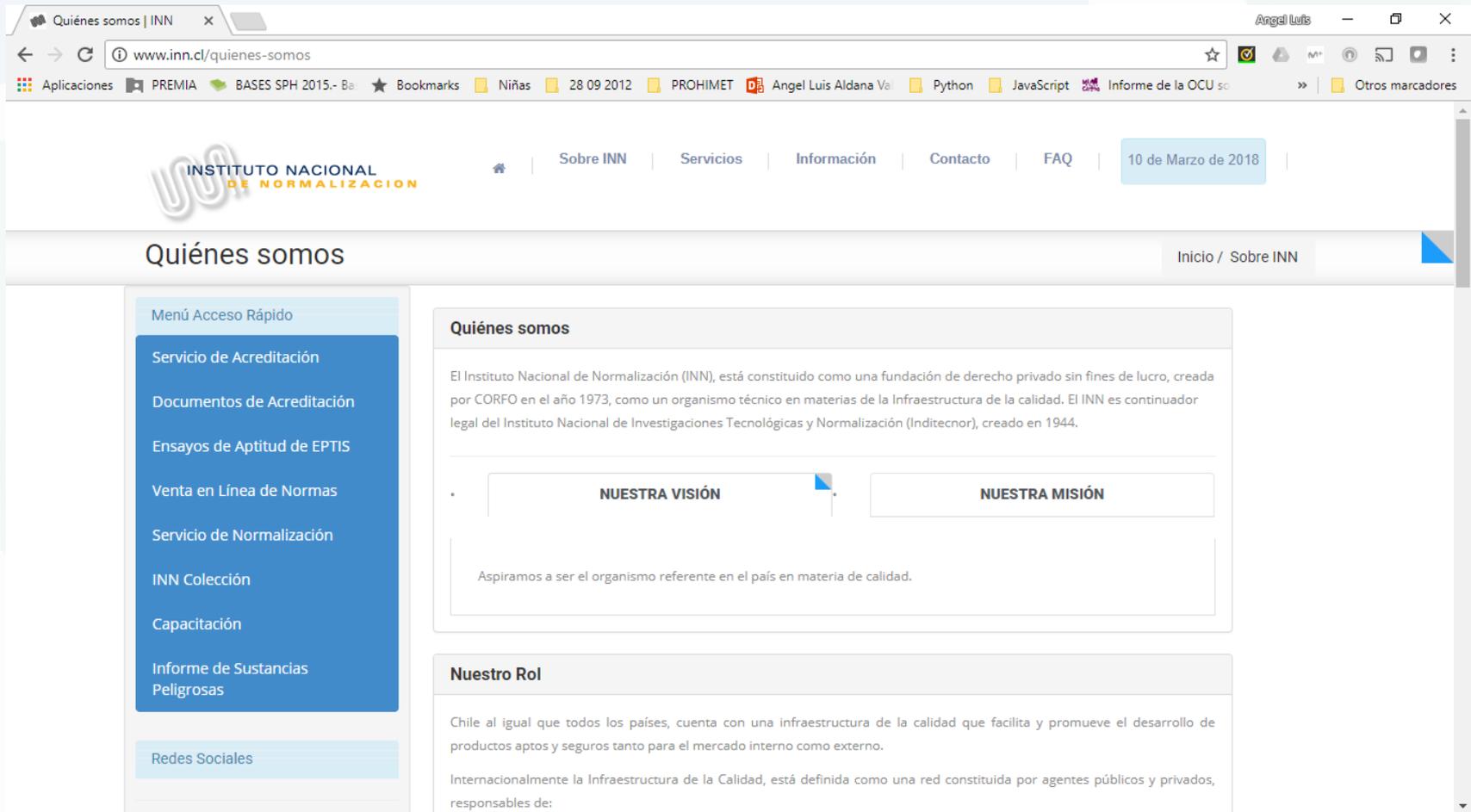
- El término “norma” se define en la Norma EN 45020:2006 Normalización y actividades relacionadas
 - Vocabulario general (Guía ISO/IEC 2:2004) como un:
- “documento, establecido por consenso y aprobado por un organismo reconocido, que proporciona, para un uso común y repetido, reglas, directrices o características para actividades o sus resultados, con el fin de conseguir un grado óptimo de orden en un contexto dado”.
 - GUÍA 30 CEN-CENELEC.- Guía europea sobre normas y reglamentación - Mejora de la reglamentación mediante el uso de normas voluntarias - Orientación para los legisladores
 - http://www.aenor.es/DescargasWeb/legislacion/Guia_30_2015.pdf

Normas y legislación

Legislación	Normas
Obligatoria	Voluntarias
Creada por un legislador	Desarrolladas por las partes interesadas mediante procesos privados de los organismos de normalización
La consulta depende de las políticas de las autoridades públicas	Consulta pública completamente abierta y transparente
Decidida por un legislador	Basada en el consenso de las partes interesadas
Revisada cuando lo decide el legislador	Considerada para revisión al menos cada cinco años
Establece requisitos determinados por el legislador	Proporciona soluciones según el estado del arte
Para el Marco de Referencia del Nuevo Enfoque-Nueva Legislación	
Establece requisitos esenciales de alto nivel	Ofrece medios técnicos para cumplir los requisitos esenciales de la legislación

- GUÍA 30 CEN-CENELEC.- Guía europea sobre normas y reglamentación - Mejora de la reglamentación mediante el uso de normas voluntarias - Orientación para los legisladores
 - http://www.aenor.es/DescargasWeb/legislacion/Guia_30_2015.pdf

Chile: Instituto Nacional de Normalización



The screenshot shows the website of the Instituto Nacional de Normalización (INN) in Chile. The browser address bar shows the URL www.inn.cl/quienes-somos. The page features a navigation menu with links for 'Sobre INN', 'Servicios', 'Información', 'Contacto', and 'FAQ'. A date stamp indicates '10 de Marzo de 2018'. The main content area is titled 'Quiénes somos' and includes a 'Menú Acceso Rápido' with links to accreditation services, documents, aptitude tests, standards, normalization services, INN collection, training, and hazardous substances reports. The 'Quiénes somos' section describes the INN as a private foundation established in 1973, succeeding the Inditecnor from 1944. It outlines the organization's vision and mission, stating its goal to be the leading quality organization in the country. The 'Nuestro Rol' section mentions Chile's infrastructure for quality and its international role in the quality infrastructure network.

España: AENOR



Asociación Española de Normalización y Certificación

www.aenor.es/aenor/aenor/perfil/perfil.asp#.WqO_OOjOW00

Aplicaciones PREMIA BASES SPH 2015-16 Bookmarks Niñas 28 09 2012 PROHIMET Angel Luis Aldana Val Python JavaScript Informe de la OCU sc Otros marcadores

AENOR Bienvenidos Welcome Benvinguts Ongi etorri Benvindos [Contacto](#) [Regístrate](#) [Área clientes](#) [Cesta](#)

Webaren hizkuntza aldatu.

Perfil Normas y Publicaciones Certificación Ensayos Formación Cooperación Software

Inicio > Perfil > Perfil

Perfil

- Perfil
- Historia
- Visión y Valores
- UNE y la sociedad
- En el mundo
- Miembros
- Acreditaciones
- Datos principales
- Dónde estamos
- Trabaja con nosotros
- Sala de Prensa
- Proveedores

Perfil

El origen de la Asociación Española de Normalización, UNE; y de AENOR, se encuentra en la Asociación Española de Normalización y Certificación, creada en 1986. En 2017 se ha procedido a un desdoblamiento de sus actividades por el cual UNE, asociación sin fines lucrativos, desarrolla la actividad de Normalización y Cooperación. Por su parte, AENOR, entidad mercantil, trabaja en los ámbitos de la evaluación de la conformidad y actividades asociadas, como la formación o la venta de publicaciones.

La actividad de las dos organizaciones contribuye a mejorar la calidad y competitividad de las empresas, sus productos y servicios, de esta forma ayuda a las organizaciones a generar uno de los valores más apreciados en la economía actual: **la confianza**.

UNE
Normalización Española

La Asociación Española de Normalización, UNE, es el organismo legalmente responsable del desarrollo y difusión de las normas técnicas en España. Las normas indican cómo debe ser un producto o cómo debe funcionar un servicio para que sea seguro y responda a lo que el consumidor espera de él. UNE pone a disposición de todos uno de los catálogos más completos, con más de 31.500 documentos normativos que contienen soluciones eficaces.

UNE aporta su experiencia y conocimiento en materia de normas y de productos y servicios relacionados a organizaciones de todo el mundo, desarrollando una gran actividad de cooperación internacional.

AENOR

En evaluación de la conformidad, el trabajo serio y riguroso que caracteriza el trabajo de la Entidad desde su creación ha posibilitado que los certificados de AENOR sean los más valorados, no sólo en España sino también en el ámbito internacional, habiendo emitido certificados en más de 60 países. AENOR se sitúa entre las 10 certificadoras más importantes del mundo.

Para extender la cultura de la calidad, AENOR desarrolla también una potente actividad editorial, diseña software para la gestión de sistemas, imparte formación especializada y ofrece distintos servicios de información. En el campo de los ensayos, la Asociación Española de Normalización, UNE, es el socio principal de CEIS (Centro de Ensayos, Innovación y Servicios), centro de referencia internacional cuya actividad incluye la realización de ensayos de conformidad, estudios técnicos, mantenimiento preventivo y predictivo de instalaciones. Asimismo, en 2008, la Entidad creó AENOR Laboratorio, a todos los integrantes del sector de la alimentación, como productores primarios, industria de transformación,

www.eu.aenor.es

Instituciones y acciones internacionales

- ISO.- Organización Internacional para la Estandarización / International Organization for Standardization
- BIPM.- Oficina Internacional de Pesas y Medidas. Bureau International des Poids et Mesures (BIPM)
- OGC.- Open Geospatial Consortium
- OMM/WMO.- Organización Meteorológica Mundial. World Meteorological Organization

OMM y relacionados

- WIGOS.- Sistema mundial integrado de sistemas de observación de la OMM. WMO Integrated Global Observing System
 - Sistema Mundial de Observación (GOS) del Programa de Vigilancia Meteorológica Mundial (WWW)
 - Programa de Vigilancia Mundial de la Atmósfera (GAW)
 - Sistema de Observación Hidrológica de la OMM (WHOS) del Programa de Hidrología y Recursos Hídricos (HWRP)
 - Componente de observación del Sistema Mundial de Observación de la Criosfera (GCW), incluyendo su superficie.”
- CIMO.- Comisión de Instrumentos y Métodos de Observación/Commission for Instruments and Methods of Observation
- IMOP.- Programa de Instrumentos y Métodos de Observación / Instruments and Methods of Observation Programme
- WHOS.- Sistema de Observación Hidrológica de la OMM / WMO Hydrological Observing System
- GCOS.- Sistema Global de la Observación del Clima / Global Climate Observing System
- GTN-R.- La Red Global Terrestre de Caudales de Ríos / Global Terrestrial Network for River Discharge
- GTN-H.- La Red Terrestre Global – Hidrología / The Global Terrestrial Network – Hydrology

Estándares ISO relacionados con la hidrometría

- ISO 772:2011 “Hydrometry — Vocabulary and symbols”. “Hidrometría. Vocabulario y símbolos”
- ISO 18365:2013. “Hydrometry — Selection, establishment and operation of a gauging station”. “Hidrometría: Selección, establecimiento y operación de una estación de aforos”
- ISO 748:2007, “Hydrometry — Measurement of liquid flow in open channels using current-meters or floats”. “Hidrometría. Medida de caudal de líquidos en canales abiertos utilizando medidores de caudal o flotadores”.
- ISO 1100-2 “Hydrometry – Measurement of liquid flow in open channels – Part 2: Determination of the stage-discharge relationship”. “Hidrometría – Medida de caudal líquido en canales abiertos – Parte 2: Determinación de las relaciones nivel-caudal”
- ISO 2537:2007. “Hydrometry. Rotating-element current-meter”. “Hidrometría. Aforadores de elementos rotatorios (molinetes)”
- ISO 3455:2007 Hydrometry -- Calibration of current-meters in straight open tanks. Hidrometría – Calibración de instrumentos aforadores (molinetes) en tanques rectos abiertos (tanques de calibración).
- ISO 1088:2007. “Hydrometry -- Velocity-area methods using current-meters -- Collection and processing of data for determination of uncertainties in flow measurement”. “Hidrometría – Métodos área-velocidad usando molinetes. Colecta y procesado de datos para la determinación de incertidumbres en la medida de caudales”
- ISO/TS 15768:2000. “Measurement of liquid velocity in open channels - Design, selection and use of electromagnetic current meters”. “Medida de velocidad en canales abiertos – Diseño, selección y uso de aforadores electromagnéticos”
- ISO/TR_24578:2012. “Hydrometry: Acoustic Doppler Profiler - Method and application for measurement of flow in open channels”. “Hidrometría: Perfiladores acústicos Doppler – Método y aplicación para medida de flujos en canales abiertos”
- ISO 9123:2017. “Measurement of liquid flow in open channels – Stage-fall-discharge relationships”. “Medida de caudales líquidos en canales abiertos - Relaciones desnivel-caudal”
- ISO 6416:2005 Hydrometry - Measurement of discharge by the ultrasonic (acoustic) method”. “Hidrometría. Medida del caudal por los tiempos de transmisión ultrasónica”
- ISO 4375:2014 “Hydrometry -- Cableway systems for stream gauging”. “Sistemas de suspensión por cables aéreos para aforos de cursos de agua”

Estándares para almacenamiento de información o para archivos de intercambio de datos

- Archivos de texto y binarios
- Archivos autoexplicativos
- Archivos XML
 - WaterML
 - GroundWaterML (GWML2)
 - TimeseriesML (TSML)
- Archivos de texto convencionales (TXT, CSV, ...)
- Archivos XLS y XLSX
- KML y KMZ
- Archivo SHP o Shapefile
- Otras soluciones
- Información geográfica en formato matricial
 - GeoTiff, ASC
- Formatos para uso meteorológico
 - GRIB, Bufr

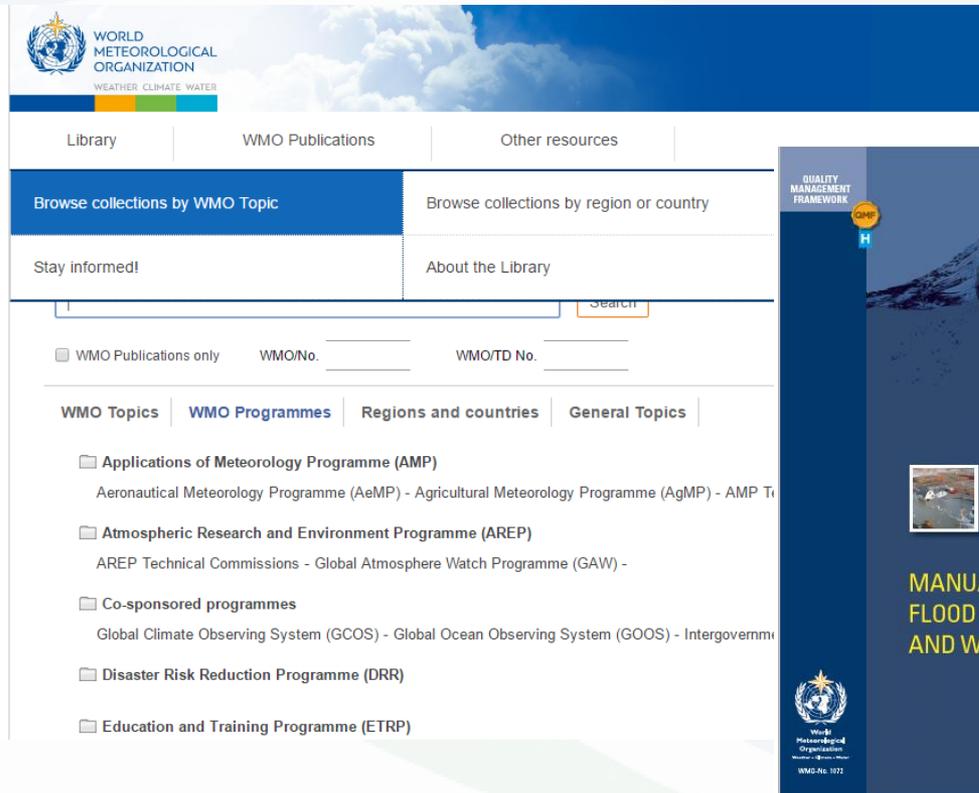
Documentos básicos como referencias estándares en medidas hidrológicas y meteorológicas

- <http://library.wmo.int/opac/>
- OMM 2011-1.- Guía de prácticas hidrológicas. Volumen I. Hidrología – De la medición a la información hidrológica. OMM-N° 168. Sexta edición. 2011.
- OMM 2014.- Guía de Instrumentos y Métodos de Observación Meteorológicos. OMM-Nº 8. 2014
- Para problemas más específicos de hidrometría, la OMM ofrece los siguientes manuales, de contenido más especializado (solo disponibles en inglés)
 - OMM 2010-1.- Manual on Stream Gauging. Volume I – Fieldwork. WMO-No. 1044. 2010.
 - OMM 2010-2.-Manual on Stream Gauging. Volume II – Computation of Discharge. WMO-No. 1044. 2010. Disponible en la Biblioteca Digital de la OMM
- Estándares básicos en metrología
 - Guide to the expression of uncertainty in measurement, denominada GUM, de BIPM
 - International Vocabulary of Metrology – Basic and General Concepts and Associated Terms, conocido como VIM, , de BIPM
 - El Centro Español de Metrología difunde las versiones en español:
 - GUM 2008.- Evaluación de datos de medición. Guía para la Expresión de la Incertidumbre de Medida. 2008. Centro Español de Metrología
 - VIM 2012.- Vocabulario Internacional de Metrología. Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados. 2012. Centro Español de Metrología

Publicaciones OMM

<http://library.wmo.int/opac>

- OMM / WMO



WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION
WEATHER CLIMATE WATER

Library | WMO Publications | Other resources

Browse collections by WMO Topic | Browse collections by region or country

Stay informed! | About the Library

Search

WMO Publications only | WMO No. | WMO/TD No.

WMO Topics | WMO Programmes | Regions and countries | General Topics

- Applications of Meteorology Programme (AMP)
Aeronautical Meteorology Programme (AeMP) - Agricultural Meteorology Programme (AgMP) - AMP Technical Commissions
- Atmospheric Research and Environment Programme (AREP)
AREP Technical Commissions - Global Atmosphere Watch Programme (GAW) -
- Co-sponsored programmes
Global Climate Observing System (GCOS) - Global Ocean Observing System (GOOS) - Intergovernmental Oceanographic Commission (IOP)
- Disaster Risk Reduction Programme (DRR)
- Education and Training Programme (ETRP)



Guía de prácticas hidrológicas
Volumen II
Gestión de recursos hídricos
y aplicación de prácticas hidrológicas

Guía de prácticas hidrológicas
Volumen I
Hidrología – De la medición a la información
hidrológica

QUALITY MANAGEMENT FRAMEWORK
COPM H

Organización Meteorológica Mundial
Tiempo • Clima • Agua
OMM N.º 102

MANUAL ON STREAM GAUGING
VOLUME I – FIELDWORK

World Meteorological Organization
WMO No. 1044

MANUAL ON FLOOD FORECASTING AND WARNING

World Meteorological Organization
WMO No. 1072

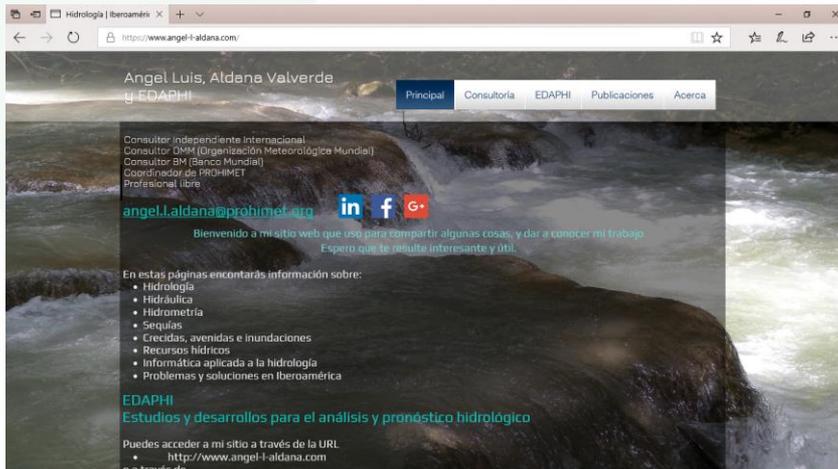
MANUAL ON STREAM GAUGING
VOLUME II – COMPUTATION OF DISCHARGE

World Meteorological Organization
WMO No. 1044

Otras publicaciones

- PROHIMET
 - Eventos
 - Diagnósticos
 - Proyectos
- Angel Luis Aldana Valverde
 - Hidrología operacional. Material de entrenamiento
 - Libros
 - Código

<http://www.prohimet.org/>



<https://www.angel-l-aldana.com/>



PROHIMET

Navegación

- [Página principal](#)
- [Apoyos](#)
- [Participar](#)
- ▼ [Actividades](#)
 - ▶ Eventos
 - ▶ Curso avanzado sobre Pronóstico Hidrológico
- [Grupos](#)
- ▼ [Resultados](#)
 - ▶ Beneficios
 - ▶ Síntesis de eventos
 - ▶ Documentos
 - ▶ Proyectos
- [Asociación](#)
- [Enlaces](#)
- [Novedades](#)

[Portugués ...](#)
[English ...](#)

Acciones para la divulgación de conocimientos y la promoción de soluciones para la gestión de riesgos

Red iberoamericana para el monitoreo y pronóstico de fenómenos hidrometeorológicos

PROHIMET es una red temática, de ámbito iberoamericano, que une a especialistas en varias disciplinas especialmente preocupados por los problemas de las crecidas y las sequías, aunque también se tratan los problemas relacionados con el cambio climático.

	Apoyada por la Organización Meteorológica Mundial (http://www.wmo.int)
	Subvencionada por el Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología durante el periodo 2005-2008 (http://www.cytcd.org)
	Apoyada por la Conferencia de Directores de los Servicios Meteorológicos e Hidrológicos Iberoamericanos (http://www.cimhet.org)

[Grupos temáticos ...](#)
[Participar en PROHIMET ...](#)
[Área de miembros ...](#)

Archivo con descripción resumida (PDF, 607 KB): [PROHIMET-F-2016.pdf](#)
 File with a brief description (PDF, 612 Kb): [PROHIMET-F-2015-eng.pdf](#)

Novedades

19

Diseño de un red hidrometeorológica. Consideraciones

- Funciones y objetivos principales de la red
 - Identificación y ordenación según prioridades
- Posibilidades presupuestarias
 - Inversión
 - Mantenimiento y operación
 - Inspección y mantenimiento básico (limpieza, pruebas y comprobaciones)
 - Reparación, reposición y renovación
 - Calibración
- Conocimiento del área geográfica y del problema a solucionar
 - Rasgos climáticos
 - Características fluviales (transporte de sólidos, estabilidad de cauces, vegetación)
 - Infraestructuras hidráulicas, demandas, concesiones, régimen de uso
 - Infraestructuras de transportes, comunicaciones y suministro de energía
- Características institucionales
 - Recursos humanos
 - Número y perfil de formación y experiencia
 - Medios auxiliares
 - Informáticos y de comunicaciones
 - Estudios básicos
 - Electrónicos, mecánicos
 - Vehículos

Diseño de un red hidrometeorológica. Decisiones

- Nivel de automatización
 - Manual.- Lecturas manuales
 - Semiautomática.- Lectura y almacenamiento local automatizado
 - Automática.- Incluye transmisión a un centro de control
 - Mixta .- Estaciones de diferente tipo según necesidades
- Subredes
 - Crecidas
 - Recursos

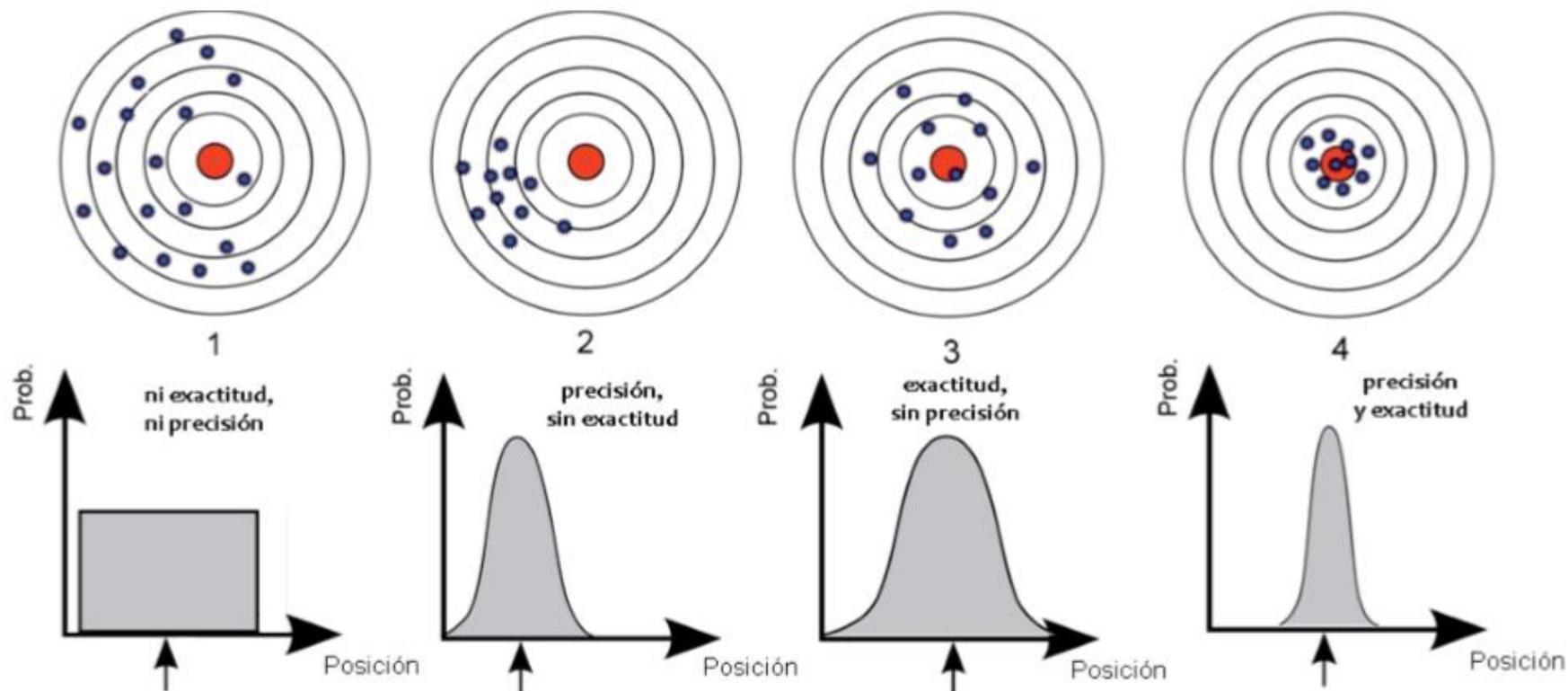
Emplazamiento de estaciones

- Objetivo de la red y de la estación concreta
- Representatividad de la medida
- Accesibilidad (transporte)
- Comunicaciones
- Energía
- Estabilidad (fluvial, geológica)
- Herramientas
 - Geoestadística
 - Sistemas de información geográfica
 - Módulos complementarios

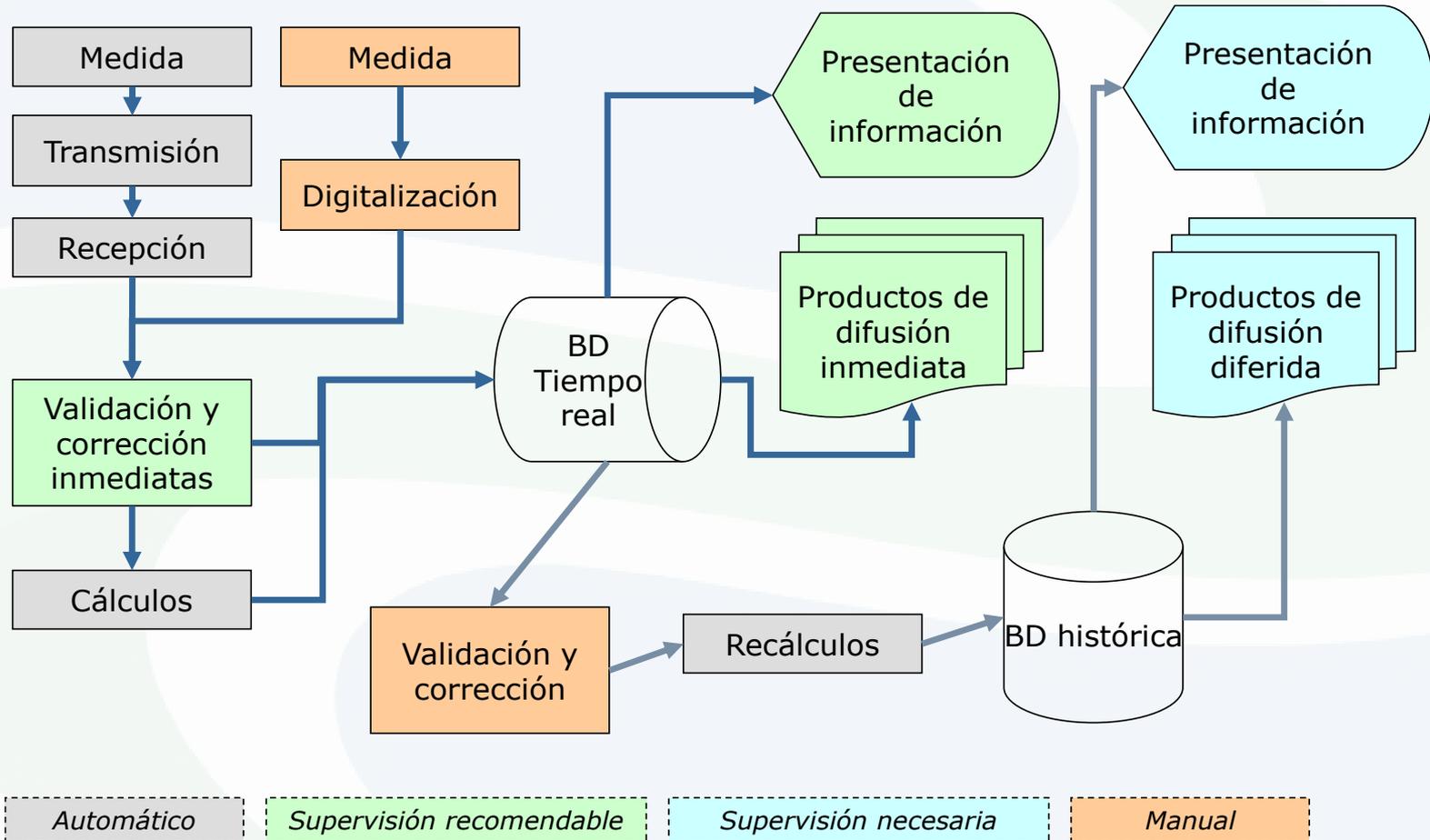
Factor humano

- Recursos humanos y automatización
 - La inversión en modernización no implica una reducción de la importancia del factor humano
 - Al contrario:
 - Las nuevas tecnologías (sensores y software) implican una apuesta por profesionales altamente **cualificados y entrenados** que, con ayuda de medios técnicos, puedan aportar conocimiento e información (incluyendo pronósticos) **más completa y precisa**, en tiempos **breves**, relativamente.

- error de medida, m error, m
 - diferencia entre un valor medido de una magnitud y un **valor de referencia**
- incertidumbre (de medida)
 - parámetro asociado al resultado de una medición, que caracteriza la **dispersión** de los valores que podrían ser **razonablemente** atribuidos al **mensurando**.
- 3.4.8 Aunque la presente Guía proporciona un marco de actuación para la evaluación de la incertidumbre, éste no puede nunca sustituir a la reflexión crítica, la **honestad intelectual y la competencia profesional**. La evaluación de la incertidumbre no es ni una tarea rutinaria ni algo puramente matemático; depende del conocimiento detallado de la naturaleza del mensurando y de la medición. **La calidad y utilidad de la incertidumbre asociada al resultado de una medición dependen en último término del entendimiento, análisis crítico e integridad de aquellos que contribuyen a su evaluación**
 - VIM.- Vocabulario Internacional de Metrología. Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados. 2012
 - GUM.- Evaluación de datos de medición. Guía para la Expresión de la Incertidumbre de Medida. 2008
 - » Centro Español de Metrología (<http://www.cem.es/>)



- Fuente: e-medida. La Revista Española de Metrología. Febrero 2012. <http://www.e-medida.es/>



Operación y mantenimiento

- Introducción y cuestiones generales
- Cuestiones específicas
- Explotación / operación
 - Informes, modelos, información geográfica y topografía
 - Apoyo a las labores propias del departamento
- Mantenimiento / conservación
 - Preventivo o programable
 - Correctivo o no programable
- Gestión de recursos humanos
- Ampliación de equipos y mejora
- Valoración y abono
- Tiempos de respuesta de mantenimiento
- Gestión
 - Informes mensuales
 - Sistema asistido por ordenador

Operación y mantenimiento. Aspectos relevantes

- Aforos
- Medios auxiliares
- Reposición, sustitución y renovación de elementos
- Mejoras tecnológicas
- Circunstancias excepcionales
- La importancia de los inventarios
- Seguridad y salud en el trabajo
- Gestión

Medidas, sensores y estaciones (puntos de control)

- Pluviómetros
- Pluvionivómetros
- Telenivómetros
- Termómetros
- Higrómetros
- Radiación solar
- Evaporación
- Velocidad del viento
- Dirección del viento
- Niveles
 - de embalse,
 - en río o canal
- Caudalímetros en conducciones cerradas
- Posición de
 - válvulas o
 - compuertas
- Apertura de compuertas (todo-nada)
- Alarmas de nivel en
 - embalses,
 - en ríos o canales
- Piezómetros (alturas piezométricas en pozos)
- Nieve

- Puntos de control

Estos sensores suelen agruparse en puntos de control de uno de los siguientes tipos:

- Embalses
- Estaciones de aforo
- Pluviómetros
- Estaciones meteorológicas
- Piezómetros

Medida de giros y desplazamientos. Posición de válvulas y compuertas

Por lo general, la medida de desplazamientos de algún elemento se realiza convirtiendo mecánicamente estos movimientos en giros, por lo que suele emplearse sensores del tipo:

- Pendular: Una carcasa se fija en el elemento cuyo giro se desea medir, en cuyo interior hay un disco que se mantiene en la misma posición gracias a una masa pendular. El giro puede medirse de diferentes formas:
 - Sistema potenciométrico: Mide la posición de la carcasa en función del valor de la resistencia eléctrica del potenciómetro.
 - Mecánicos: Formados por un conjunto de levas que accionan unos contactos.
- Ópticos: Detectan la posición del elemento giratorio por un mecanismo electroóptico.
- Capacitivos: El cambio en la posición angular del elemento giratorio se transmite a un condensador diferencial cuya capacidad, magnitud que se mide, es función del ángulo.
- Potenciométrico: Miden la posición de un elemento giratorio en función de la resistencia eléctrica del potenciómetro regulado por el giro de dicho elemento.

Alturas de lámina de agua en embalses

En los embalses hay que realizar medidas de alto rango, de decenas metros, y también alta resolución, del orden del centímetro, por lo que se les exige bastante a los sensores de nivel en embalses.

- Sondas de cuarzo sumergidas: Cuentan con un oscilador de cuarzo cuya frecuencia varía con la presión que se ejerce sobre él.
- Sondas de cuarzo con instalación hidrostática y neumática: Una instalación neumática con un compresor proporciona suministro de aire a un tubo, uno de cuyos extremos está sumergido y el otro transmite la presión a la sonda de cuarzo, que se encuentra en el exterior.
- Balanzas con instalación hidrostática: Un contrapeso se desplaza por el brazo de una balanza para equilibrar el efecto de la presión de la columna de agua.
- Sistema de flotador y contrapeso: Sistema de poleas en el que un tambor con contrapeso adopta una posición en función del giro de otro tambor, de mayor diámetro para evitar la inmersión del contrapeso, en el que se enrolla el cable unido al flotador.
- Tiempo de paso
 - Radar (microondas electromagnéticas)
 - Ultrasonido (ondas acústicas - dependen de temperatura del aire)

Altura de lámina de agua en ríos

- **Sistemas de boya y contrapeso:** Un sistema simple de boya y contrapeso unidos por una cadena que rodea una polea, con un sensor que mide su posición. Necesita un pozo tranquilizador.
- **Piezorresistivos:** La presión del agua modifica la curvatura de una membrana de silicio cristalino, lo que afecta a su conductividad eléctrica. Generalmente miden presiones absolutas, por lo que ha de descontarse la presión atmosférica, aunque hay sistemas de este tipo que miden de forma diferencial.
- **Neumáticos compactos:** La presión es transmitida a la membrana de silicio cristalino a través de un sistema neumático de aire comprimido por burbujeo en el extremo de un tubo sumergido.
- **Tiempo de paso:** Una unidad electrónica calcula la distancia entre la sonda y la lámina de agua, en función del tiempo que tarda una onda desde que es emitida hasta que es de nuevo recibida, tras la reflexión en el agua, y de su velocidad de propagación.
 - Radar (microondas electromagnéticas)
 - Ultrasonido (ondas acústicas - dependen de temperatura del aire)

Medidas de nivel por tiempo de paso

- Precisión proporcional a la distancia
 - Ultrasonidos 0.1 %
 - Radar 0.05 %
- Velocidad del sonido depende de la temperatura
 - Termómetro para corrección o arco de calibración
- La velocidad de propagación de las microondas a través de medios como niebla, polvo, o en presencia de viento, no se altera.

Medida de velocidad del agua en ríos y canales

- **Ultrasónicos:** Se basan en el cálculo de la velocidad en función de la diferencia del tiempo de propagación de una onda de ultrasonidos en el sentido del flujo y en el contrario. Necesitan por tanto dos sondas emisoras-receptoras. Cada par de sondas miden la velocidad para una cota, por lo que suele ser necesario instalar varios pares para cotas diferentes, además del siempre necesario sensor de nivel.
- **Perfiladores ultrasónicos:** Se usan para aforos directos y también en instalaciones fijas. Emplean una tecnología de pulsos en varias frecuencias que les permite estimar velocidades medias en celdas de la sección transversal del flujo.
- **Radar sin contacto:** La emisión de un haz de ondas de alta frecuencia con un cierto ángulo con respecto al flujo de agua permite estimar la velocidad superficial (en un área pequeña), al compararla con el rebote. Una tecnología similar puede usarse con emisiones láser.
- **Electromagnéticos:** Se basan en el principio de la ley de Faraday de la inducción, calculando la velocidad en función de la corriente inducida en el seno del líquido, que debe ser algo conductor, por un campo magnético perpendicular a la corriente. La medición se realiza con una espira paralela a la corriente.

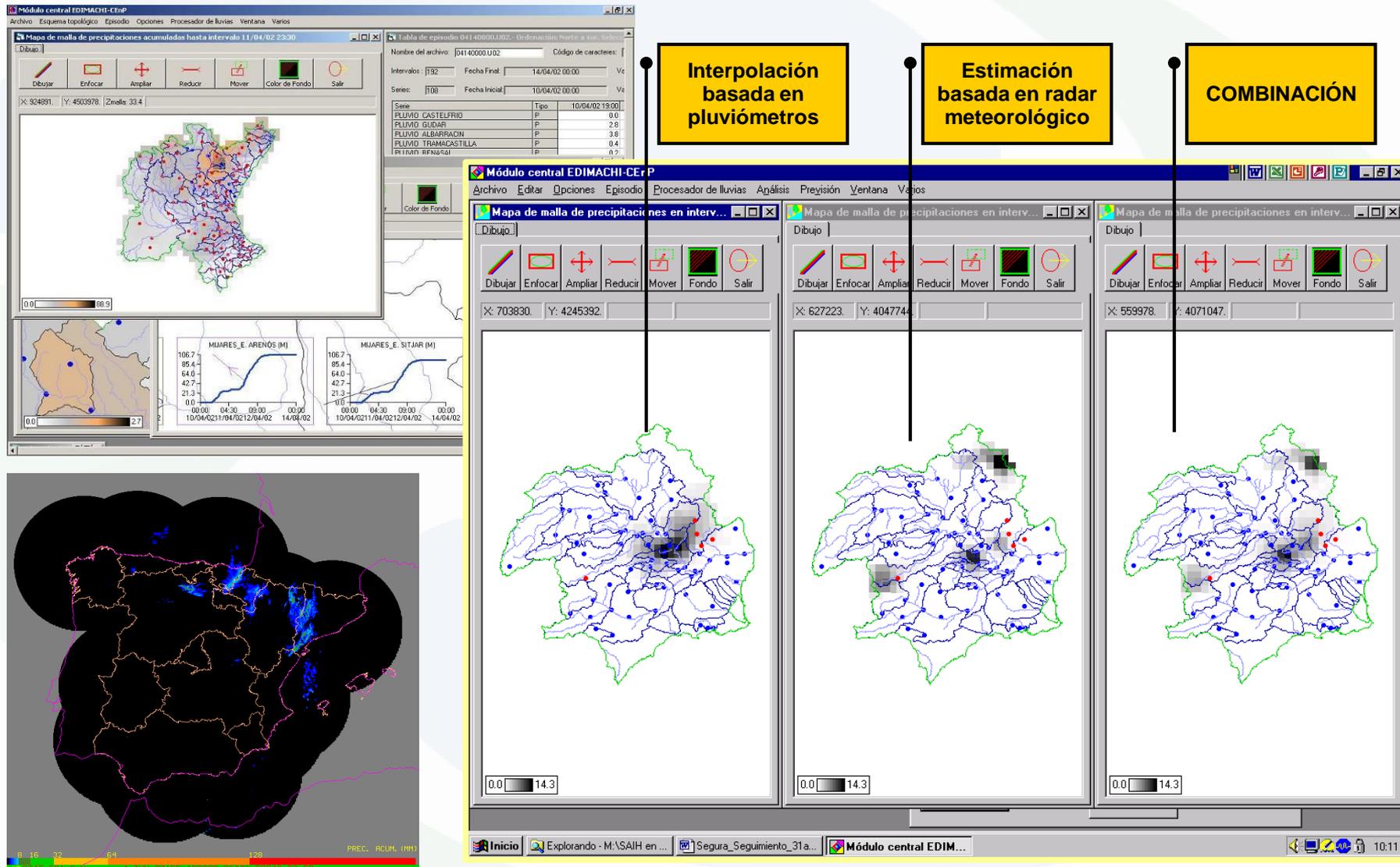
Medida de velocidad del agua en conducciones cerradas

- **Ultrasónicos:** Tienen el mismo principio de funcionamiento que los sensores ultrasónicos en conducciones abiertas, necesitando para su instalación un tramo recto de conducción.
- **Electromagnético:** La medida de la inducción se realiza con un carrito que sustituye a un tramo de conducción.

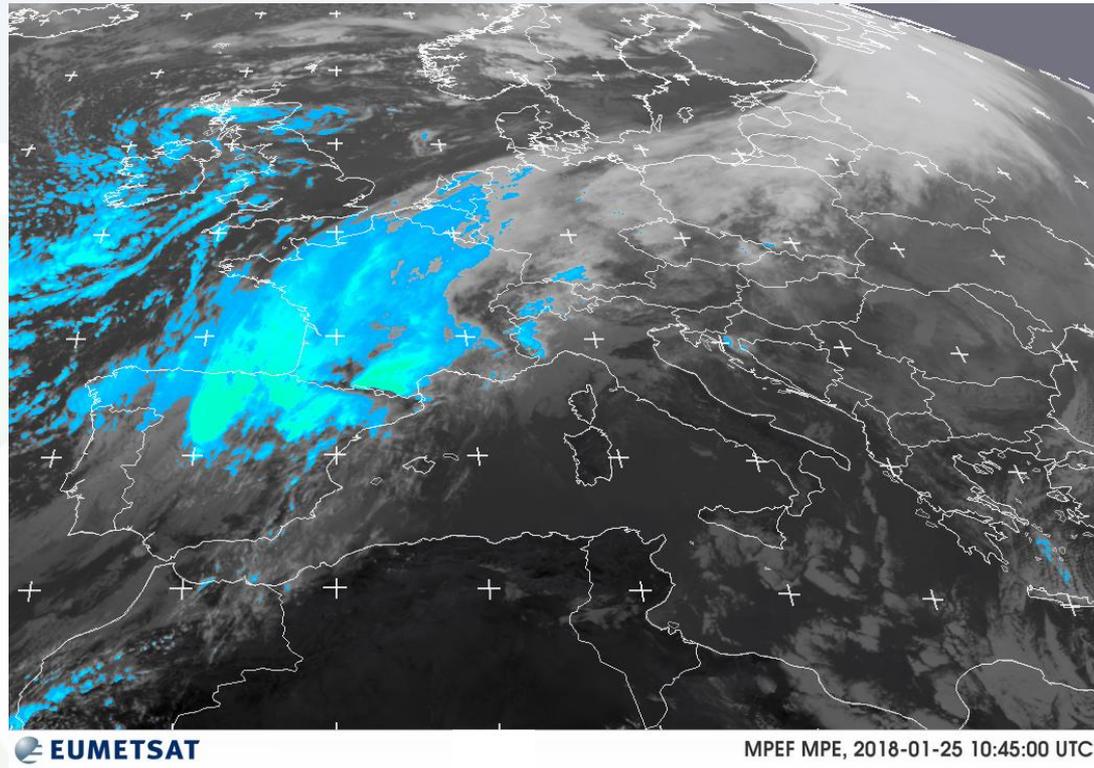
Medida de precipitaciones

- **Pluviómetros de balancín:** La precipitación líquida es recogida sobre una superficie cónica y dirigida a través de un orificio calibrado a los recipientes que se sitúan en ambos extremos de balancín. El llenado y vaciado sucesivo de uno y otro recipiente obliga a la oscilación del balancín, lo que proporciona la medida del volumen de precipitación en función del tiempo.
- **Pluvionivómetros por calefacción:** Para poder medir precipitaciones sólidas se dota al pluviómetro de un sistema de calefacción que caldea la superficie receptora y la funde, lo que permite medir la cantidad de agua equivalente. Tienen un alto consumo energético.
- **Pluvionivómetros por peso:** Se sustituye el cono de recepción por un depósito con solución anticongelante. La medida de la precipitación se realiza por el incremento de peso.

Estimación de precipitaciones combinando datos de pluviómetros y radar meteorológico



Observación de la precipitación desde satélites. Uso de hidroestimadores

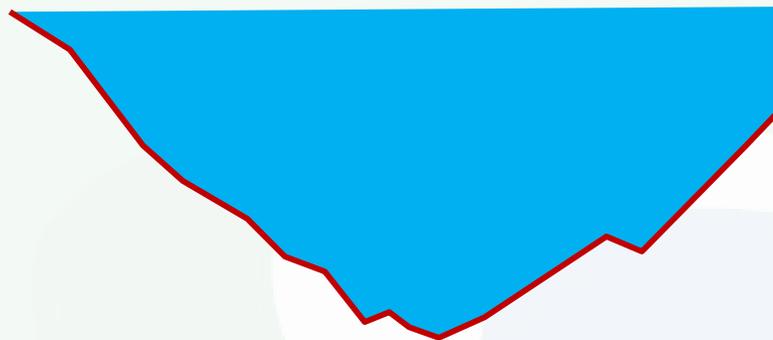


Calibración de estaciones hidrométricas

- Relaciones nivel-caudal
 - Aforos directos
 - Molinetes
 - Perfiladores ADCP (acoustic doppler current profiler, perfilador de corrientes por efecto Doppler)
 - Tarado y contraste de medidas
 - Extrapolación de curvas de gasto
 - Curvas analíticas
 - Empleo de modelos numéricos de flujo en lámina libre
 - Análisis de incertidumbres
 - Condiciones de contorno
 - Vegetación
 - Transporte de sedimentos
 - Parámetros de modelación
 - Errores de medida de nivel y velocidad

$$\text{Caudal} = V * A$$

Caudal =
área de agua en la sección transversal
x
velocidad del agua



Superficie de la
sección
transversal

x

Velocidad media
en la superficie

Estimaciones de relaciones nivel-caudal.

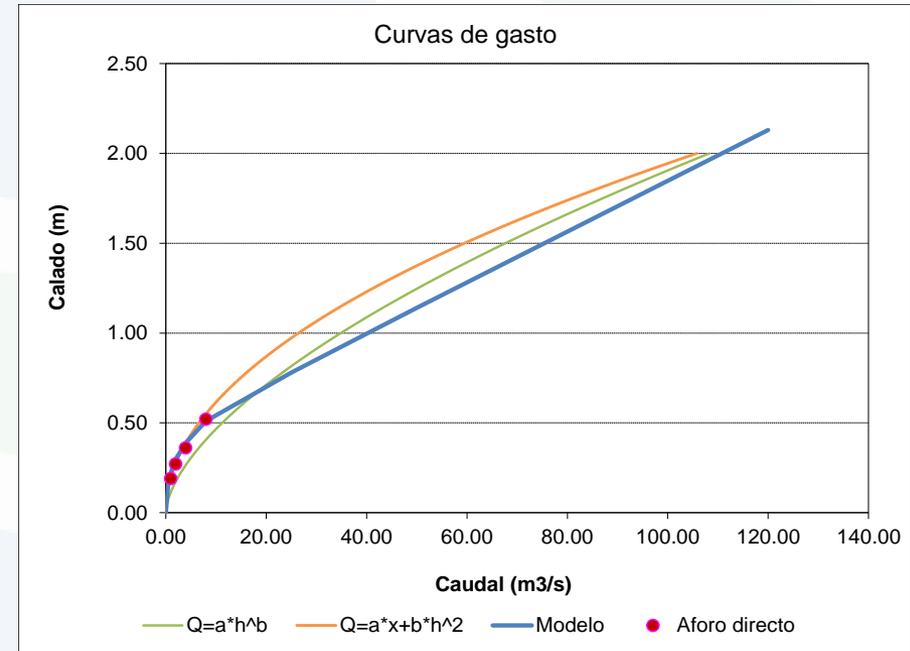
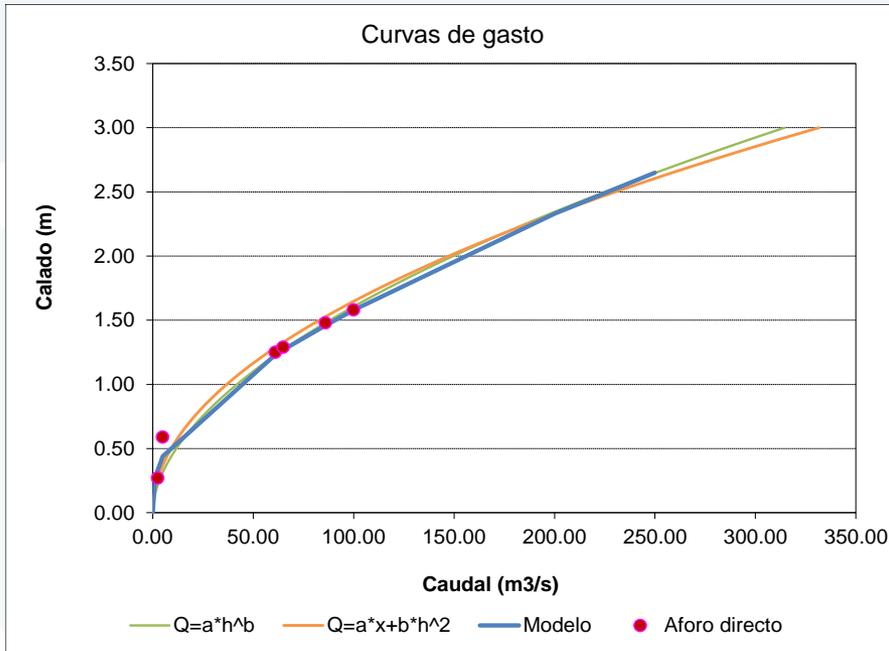
Métodos

- Aforos directos
- Ensayos con modelos reducidos
- Cálculo en condiciones de flujo en régimen permanente
- Análisis de episodios históricos
- Ajuste en tiempo real con ayuda de modelos de simulación

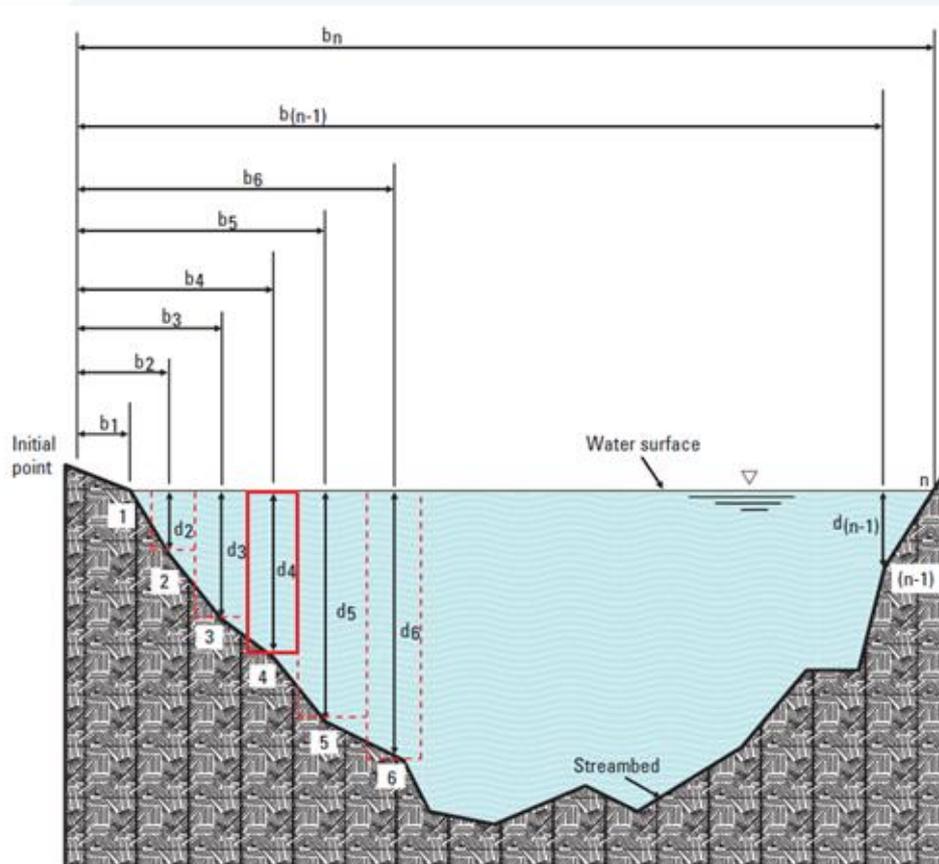
Aforos directos

- Selección del sitio
 - Régimen hidráulico
 - Accesibilidad
 - Ventajas especiales (ej: puentes)
- Selección del instrumental
 - Velocidades y profundidades
 - Lecho móvil o fijo. Importancia del transporte de fondo
 - Transporte de sólidos
 - Ancho de la sección
- Número de verticales
 - $Q_i \leq 5\% Q_{\text{total}} \rightarrow 25$ verticales
 - $Q_i \leq 10\% Q_{\text{Total}}$
- Número de puntos en la vertical
 - Tiempo de trabajo
 - Profundidad máxima
 - Condiciones del cauce y del flujo (evolución temporal)
 - Hipótesis de distribución vertical de velocidad
- Coordenadas
 - Situación de la sección
 - Posición en la sección transversal
 - Profundidad de la medida
 - Correcciones por la falta de verticalidad de la línea

Ejemplo de curvas



Integración por método de la sección central



EXPLANATION

1, 2, 3, n	Observation points
$b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$	Distance, in feet, from the initial point to the observation point
$d_1, d_2, d_3, \dots, d_n$	Depth of water, in feet, at the observation point
.....	Boundary of partial sections; one heavily outlined discussed in text

- Los ejes verticales deberían espaciarse de modo que ninguna subsección contenga más del 10% del total del caudal.
- La medición ideal consta de no más del 5% del total del caudal en cualquier subsección.
- Debería haber entre 20 y 30 subsecciones.
- El espaciado entre los ejes verticales debería ser más reducido en aquellas partes de la sección transversal con mayores profundidades y velocidades.

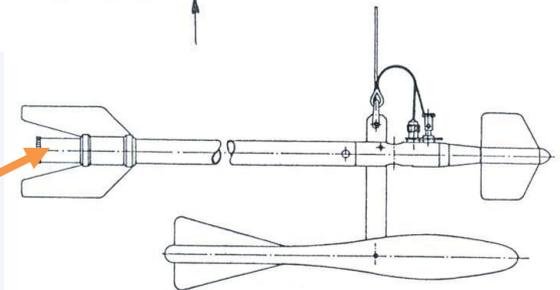
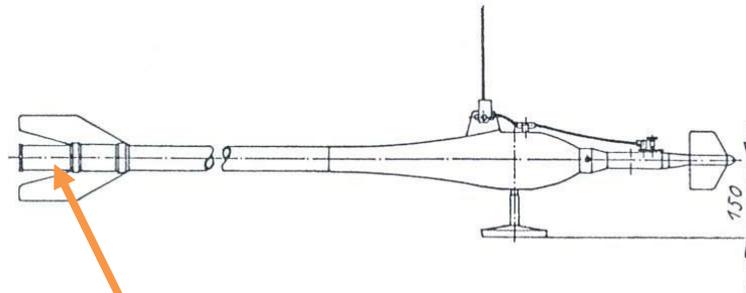
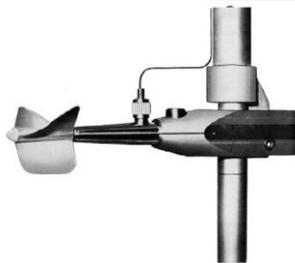
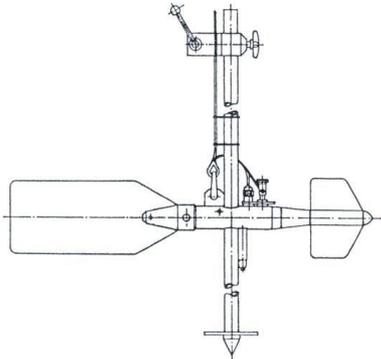
Molinetes

- Montaje
 - Simple en barra
 - En barra con aletas de dirección
 - Suspendido con peso 5-10 kg

Molinete F1 de SEBA

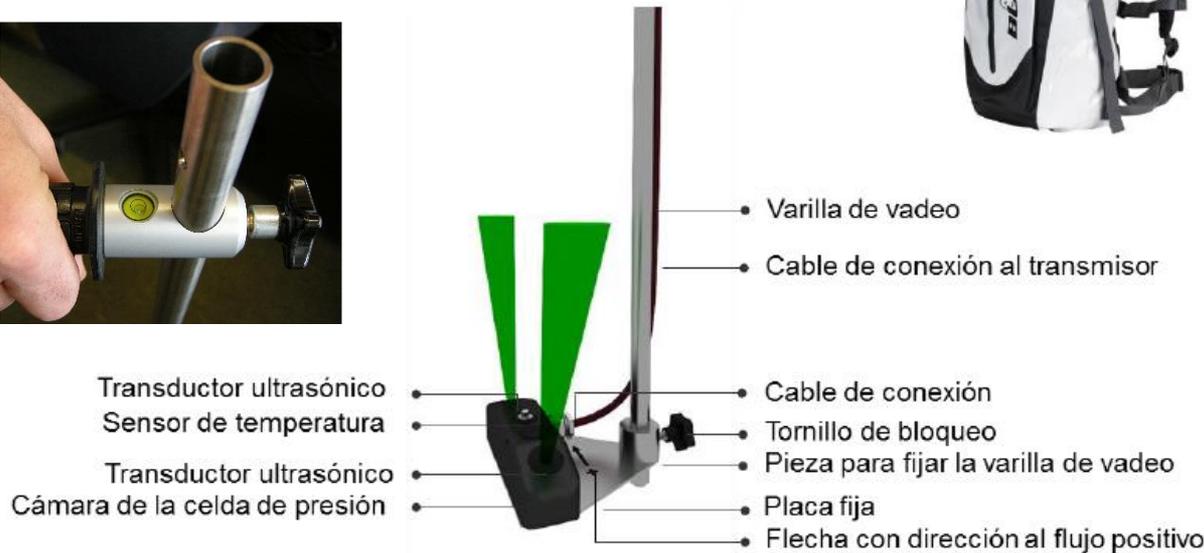
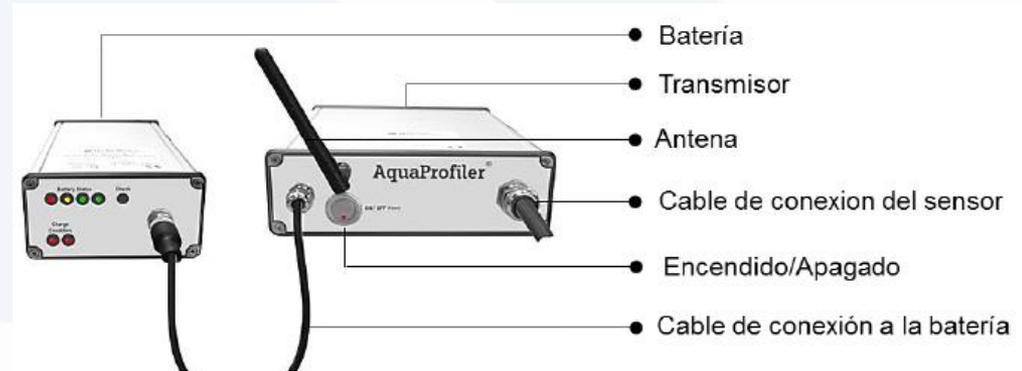
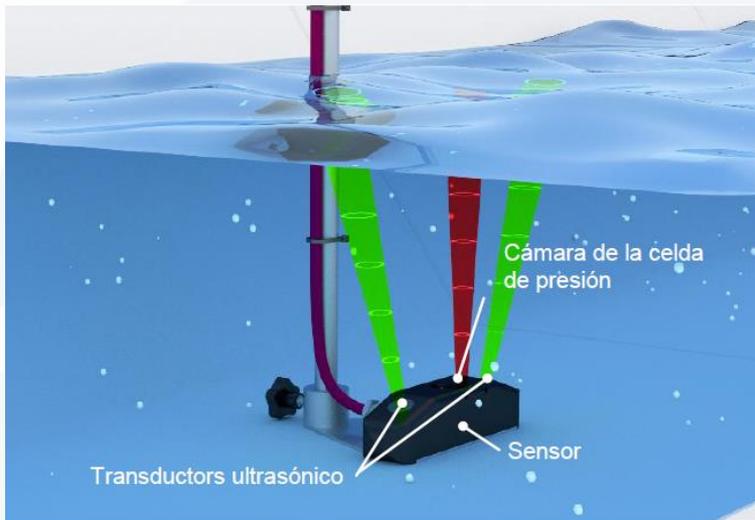


do con

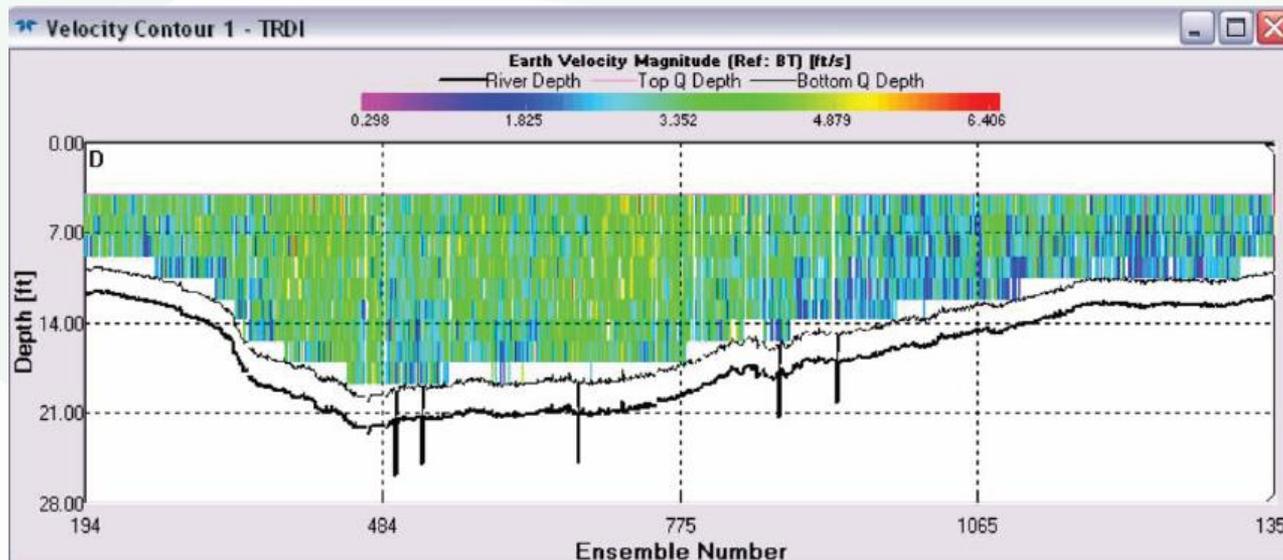
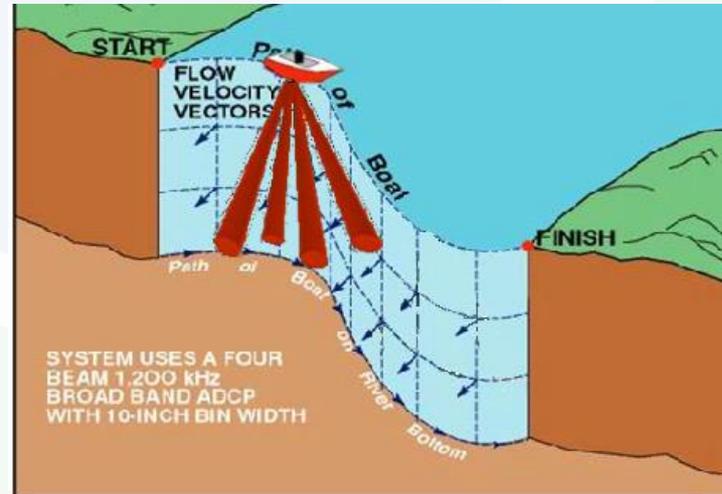
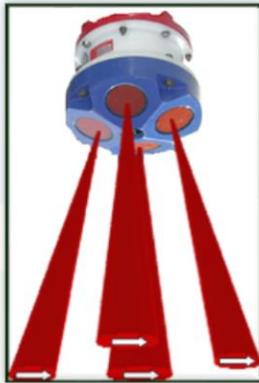


Pesos de equilibrado, según configuración

Minimolinete M1 de SEBA



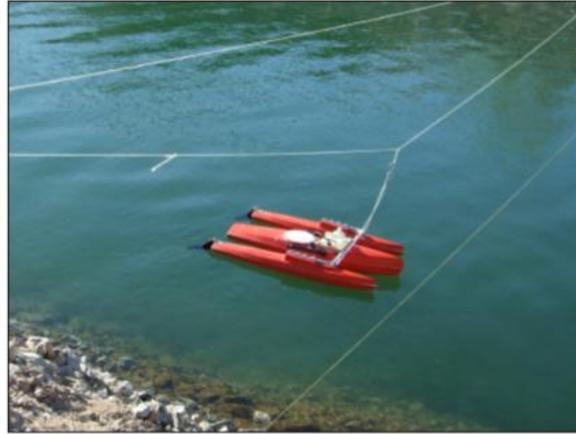
ADCP sobre plataforma móvil



Barcas de arrastre



(A) OceanScience Riverboat



(B) RiverRay in included trimaran



(C) StreamPro in included float



(D) StreamPro in OceanScience Riverboat SP



(E) OceanScience High-Speed Riverboat



(F) SonTek M9 in Hydroboard

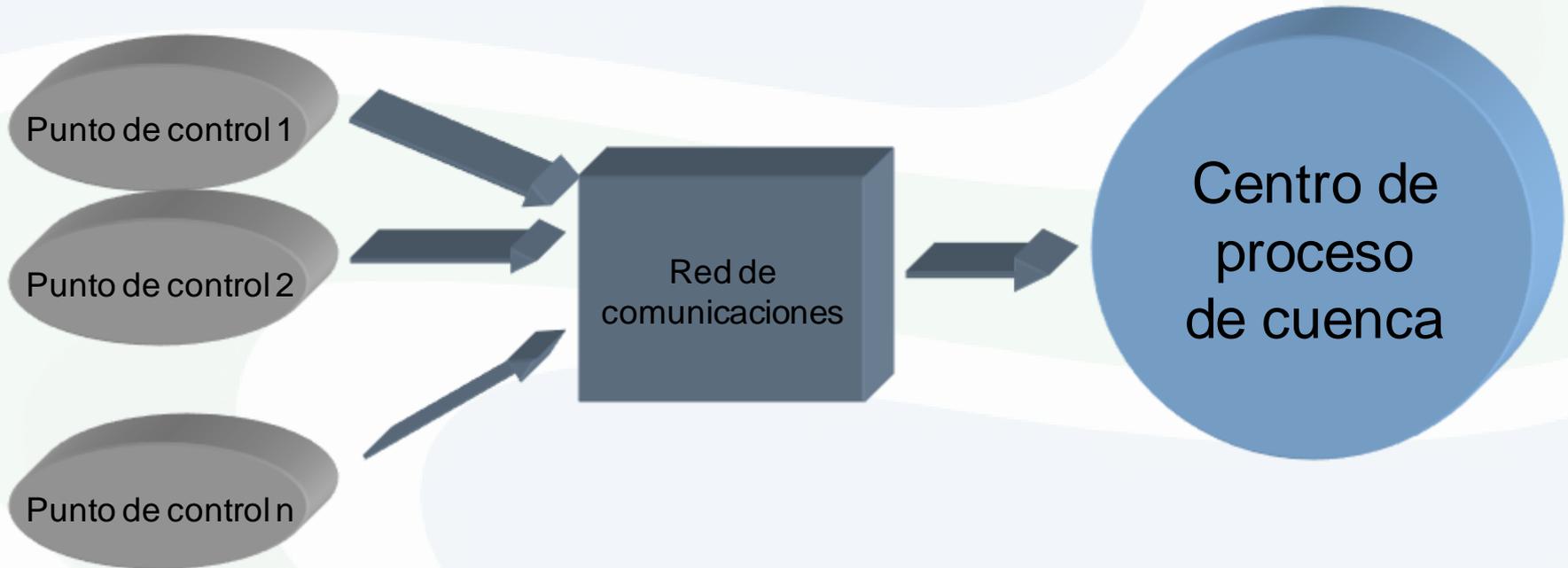
SAIH.-Definición

- Es un sistema de información en tiempo real planteado para facilitar la toma de decisiones en la gestión de los recursos hídricos y la previsión de avenidas. Se basa en una red de **telemetria** de variables hidráulicas e hidrológicas para operar en **tiempo real**.
- En España está estructurado según las grandes cuencas hidrográficas peninsulares.
- En cada cuenca, el SAIH capta **información** relativa a la misma, sus ríos y sus infraestructuras hidráulicas, así como datos meteorológicos básicos, y los transmite al correspondiente **centro de decisiones**, donde se gestionan y usan para la solución de los problemas propios de la **gestión** del agua, tanto en circunstancias **normales** (explotación), como en situaciones de **emergencia** (sequías y avenidas).

SAIH.- Funcionamiento

- La red SAIH mide fundamentalmente magnitudes tales como precipitación en pluviómetros, niveles en ríos y embalses, y caudales en conducciones; aunque a algunos puntos se les ha dotado de dispositivos y sensores para la medida de otras variables, como puedan ser temperaturas, evaporaciones, velocidades y direcciones de viento o alturas de nieve.
- Los elementos principales de un SAIH son:
 - los puntos de control,
 - el sistema de comunicaciones,
 - el centro de proceso de cuenca y
 - los sistemas de ayuda a la decisión.
- Cada uno de estos puntos de medida, de funcionamiento automático y denominados puntos de control, está conectado a un sistema de comunicaciones (vía satélite, radio u otra) de tal modo que se pueden concentrar los datos en un centro de proceso de cuenca, en el cual se colectan todas las variables medidas y se generan otras nuevas deducidas de las anteriores, dando lugar a un completo sistema de información que opera en tiempo real. El período de actualización de datos puede ser variable, siendo, en general, a intervalos regulares de media hora y nunca superior a una hora.

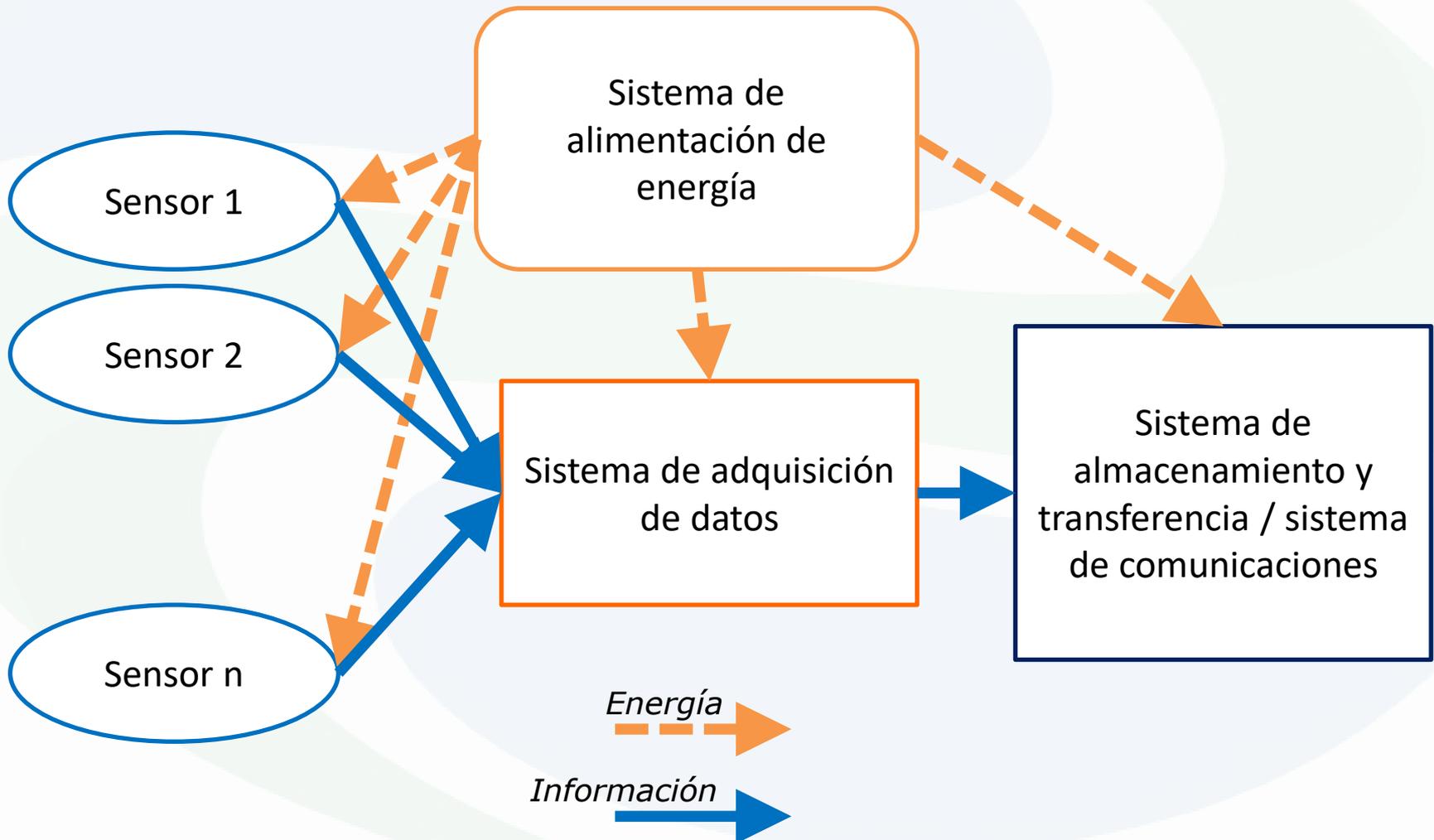
Esquema de un SAIH



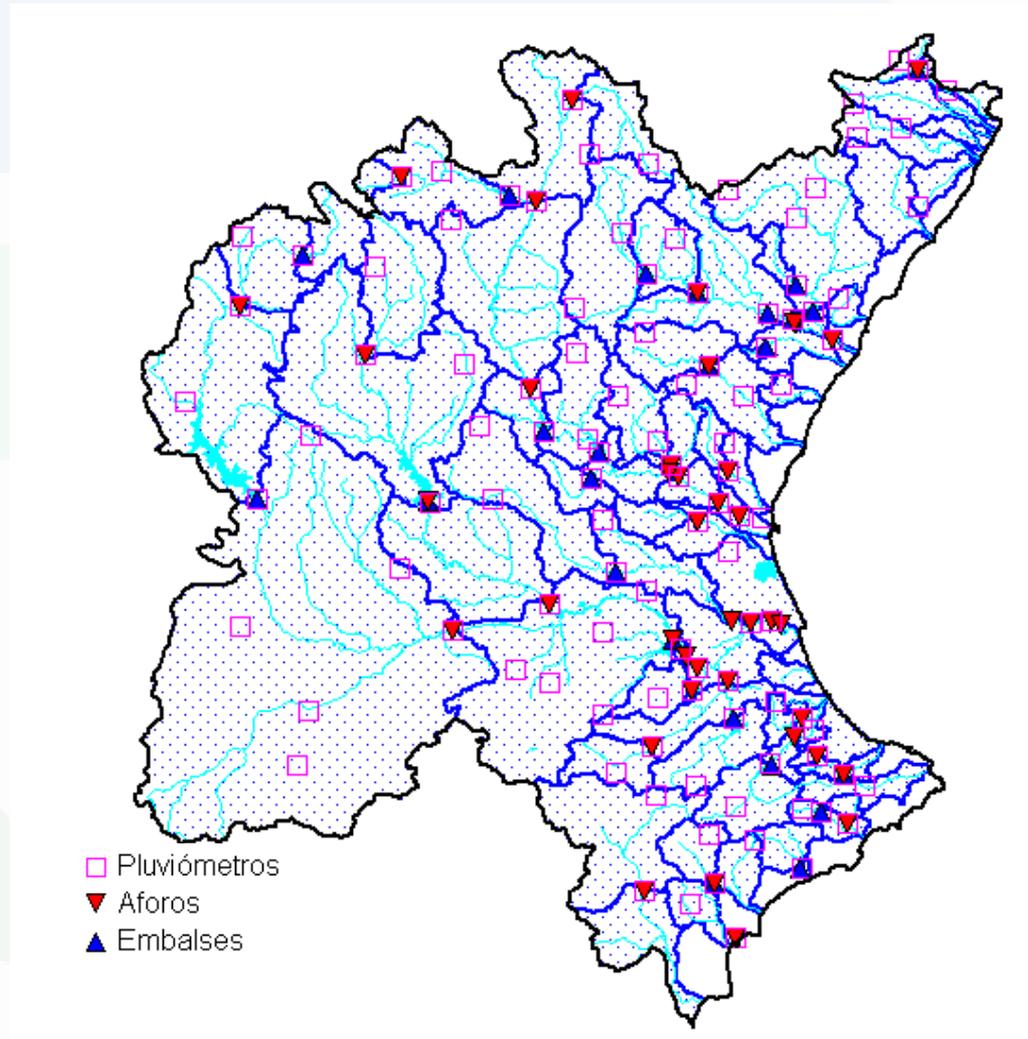
SAIH.-Puntos de control

- Los puntos de control son puntos de medida donde se captan automáticamente un conjunto de variables hidrometeorológicas (precipitaciones, niveles de agua, etc), las cuales se transmiten en tiempo real al centro de proceso de cuenca, pudiendo ser necesario el paso de estos datos a través de los denominados puntos de concentración por exigencias del sistema de comunicaciones.
- Tipos:
 - Puntos de control pluviométricos
 - Puntos hidrométricos de aforos
 - Puntos hidrométricos de embalse o presa
 - Puntos hidrométricos de canal
 - Marcos de control
 - Medición de la nieve
 - Conducciones e impulsiones
 - Otros

Esquema de un punto de control



Mapa de un SAIH



Elementos auxiliares

– SISTEMAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS (SAD)

- Al punto de control se le dota de instrumental electrónico e informático capaz de realizar la recopilación de medidas de los diferentes sensores que lo integran y de comunicarse con la red de telecomunicación.

– SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN DE ENERGÍA

- El instrumental del punto de control tiene un consumo energético que ha de ser satisfecho de alguna forma. Cuando ello es posible suele efectuarse un enganche a la red eléctrica convencional, en otros casos se recurre al empleo de paneles fotovoltaicos.

- En cualquier caso se dispone un conjunto de baterías que garantizan una reserva energética mínima de un día, aunque es frecuente dotar al punto de control de una autonomía de cinco a diez días.

– SISTEMAS DE PROTECCIÓN

- Los puntos de control han de contar con protección ante el efecto de los rayos, lo que se consigue con soluciones de tipo pararrayos, tomas de tierra y sistemas de desconexión de la red manual o automático.

- Quizás en este punto hay que tratar el problema del vandalismo, ante el que no caben soluciones preventivas realmente efectivas, conformándose en la práctica con alarmas de aperturas de puerta o similares que al menos dejen constancia instantáneamente del hecho ocurrido.

SAIH. Algunos elementos 1

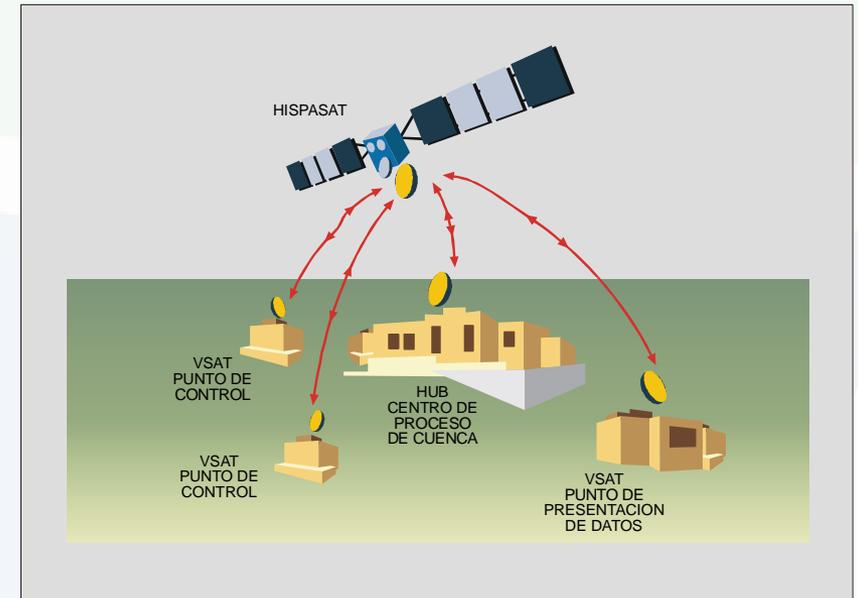
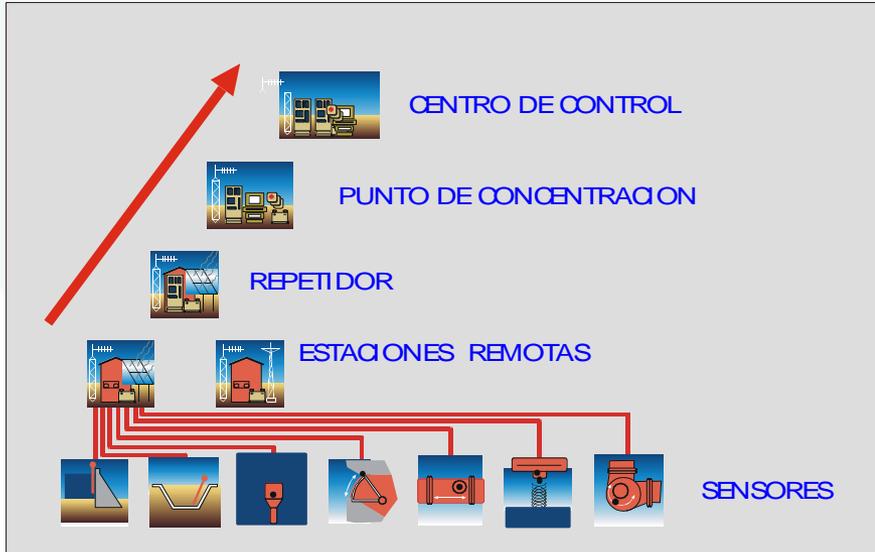


SAIH. Algunos elementos 2



Comunicaciones

- Radio
- Satélite
- Cable
- Telefonía móvil/celular.- GSM, 3G, ...
- Soluciones mixtas



SAIH.- Centro de proceso de cuenca

- El centro de proceso de cuenca es el punto central del sistema donde, a partir de la información captada por los sensores y transmitida por la red de comunicaciones, se realiza la mayor parte de la gestión de la información hidrometeorológica. Dispone para ello de numerosos equipos de comunicaciones y de tratamiento de la información
 - Procesos:
 - Recepción, validación y almacenamiento de datos.
 - Gestión de los datos mediante diversas aplicaciones informáticas que permite analizar la evolución y estado actual del sistema hidráulico-hidrológico.
 - Toma de decisiones a partir de dichas conclusiones, apoyada por sistemas lógicos de ayuda. Este tipo de proceso no es propio del centro de proceso pero puede considerarse en la práctica como directamente asociado al funcionamiento del mismo en condiciones excepcionales.

SAIH.- Tareas del CPC

Las tareas propias, específicas, de un centro de proceso son la supervisión y control del sistema, tanto de la red como de los puntos de control y concentración, así como del propio centro. Entre estas tareas se pueden destacar las siguientes:

- **Cálculo** de variables: los datos en bruto enviados desde los sensores, se transforman en variables hidrometeorológicas utilizables por los técnicos.
- **Almacenamiento** de curvas asociadas y fórmulas: muchas variables se deducen a partir de curvas de relación de diferentes magnitudes físicas (por ejemplo, el caudal a partir del nivel en una estación de aforo); estas curvas han de mantenerse actualizadas y calibradas.
- **Validación y filtrado** de datos, de modo que se pueda determinar si un dato recibido es correcto o no.
- Almacenamiento, acceso rápido y creación de copias de seguridad de **datos**.
- Análisis y mantenimiento de **episodios hidrológicos singulares**.
- Procesado y cálculo de variables hidráulicas y de comportamiento del sistema a partir de **modelos** matemáticos.
- Recuperación rápida de la información, consulta y elaboración de **informes** que posibiliten la toma de decisiones y su posterior presentación sinóptica.
- **Distribución** de la información a nivel de red local, para su utilización por parte de toda la Confederación Hidrográfica.
- **Presentación** comprensible de la información, tanto de forma numérica como, sobre todo, gráfica.
- Funciones de índole **administrativa** que posibilitan la coordinación entre el personal del centro de proceso y el personal exterior de mantenimiento.
- Funciones de **acceso remoto** a datos desde cualquier punto exterior al centro de proceso.
- **Supervisión y diagnóstico** de la red de comunicaciones y Puntos de Control/Concentración de modo que se puedan detectar averías o un posible funcionamiento anómalo del sistema. Del mismo modo se ha de poder detectar las alarmas que se presenten en la red.
- Funciones de **vigilancia** del entorno del propio **centro**: control de temperatura, control de incendios, control de alimentación eléctrica, control de intrusismo.

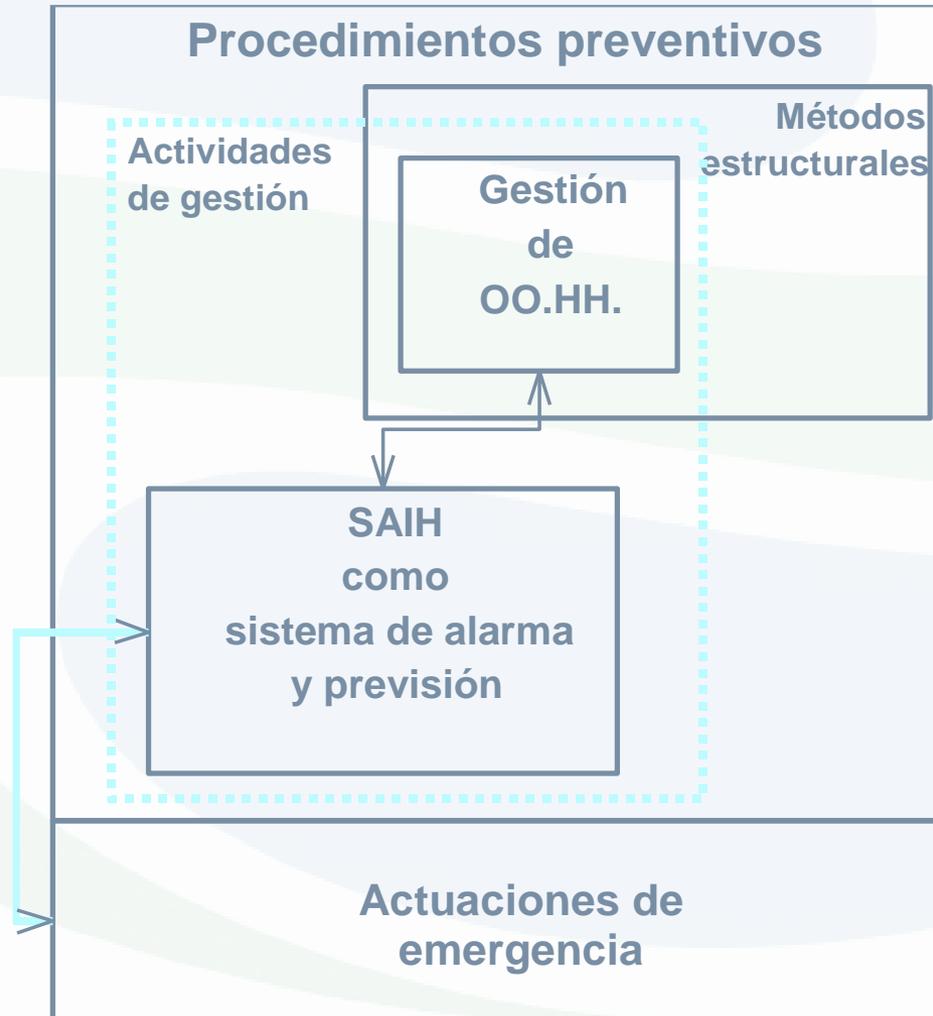
Enlaces SAIH en España

- Cada SAIH está asociado a un organismo de cuenca, los cuales dependen del Ministerio de Medio Ambiente.
 - http://www.mma.es/portal/secciones/el_ministerio/organismos/organismos_cuenca/
- En algunos casos se cuenta con descripciones del SAIH bastante detalladas, como la de la web del Segura:
 - <http://www.chsegura.es/chs/cuenca/redesdecontrol/SAIH/>
- En ella incluso se hace referencia a las tareas de apoyo en situaciones de crecida
 - <http://www.chsegura.es/chs/cuenca/redesdecontrol/SAIH/apoyodecisiones.html>
- O un mapa con acceso a datos de variables
 - <http://www.chsegura.es/chs/cuenca/redesdecontrol/SAIH/visorsig/>
- Otros SAIH proporcionan al público información en tiempo real, como es el caso del Tajo:
 - <http://saihtajo.chtajo.es/saihtajo/>
- En cuya web dedicada al SAIH podemos encontrar no solo datos, sino también apartados interesantes como el dedicado a los niños:
 - http://saihtajo.chtajo.es/saihtajo/infantil/presentacion_baby.asp
- También se puede acceder a datos en tiempo real de la cuenca del Ebro:
 - <http://www.saihebro.com>
- Y en la del Guadiana:
 - <http://www.saihguadiana.com>

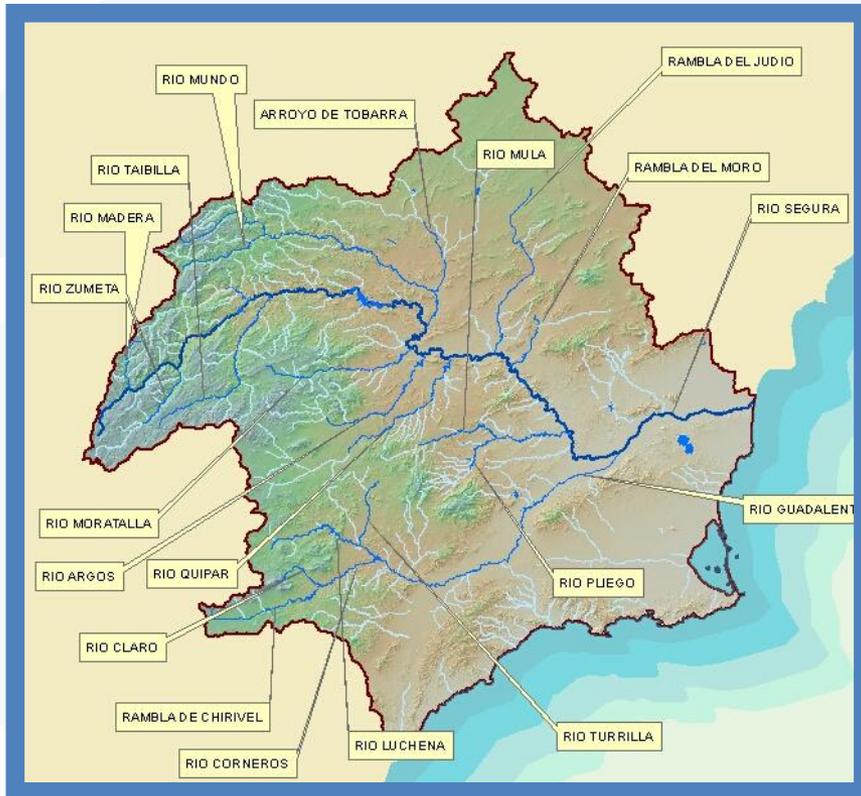
SAD y SAIH

- Los sistemas de ayuda a la decisión (SAD) para la explotación de un SAIH, tienen como objetivo dotar a los ingenieros de los organismos de cuenca de una **mayor capacidad** de análisis de la información en el **menor tiempo** posible, incluyendo realizar previsiones cuantitativas. Para ello, se construyen e instalan aplicaciones informáticas interactivas que incluyen modelos de simulación y previsión, hidrológicos e hidráulicos, con los cuales el sujeto decisor puede contar con apoyo rápido y eficaz para la evaluación de alternativas de actuación y valorando riesgos y ventajas de las distintas opciones

Participación de los SAIH en las actuaciones frente a las inundaciones



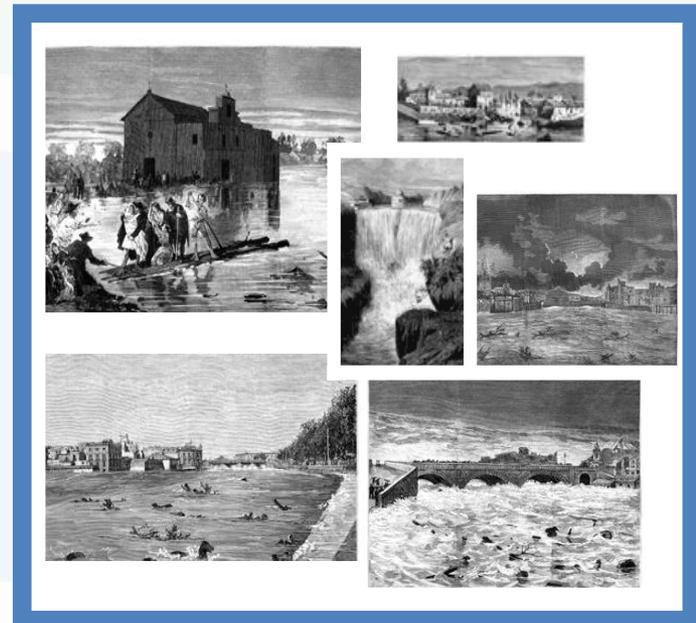
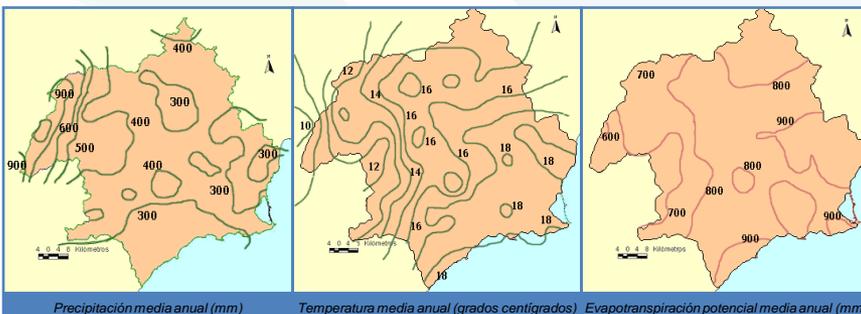
El río Segura. Inundaciones entre sequías



Todo el territorio de la Confederación Hidrográfica del Segura presenta grandes contrastes climáticos, frecuentes sequías, lluvias torrenciales y frecuentes inundaciones, elevadas temperaturas y heladas catastróficas. De una a otra vertiente montañosa, de las altas tierras a los sectores litorales, y en definitiva de una zona geográfica a otra se observan importantes diferencias climáticas; en ocasiones son variaciones locales debidas a la topografía que dan origen a topoclimas; en otras son factores que afectan a espacios más o menos amplios.

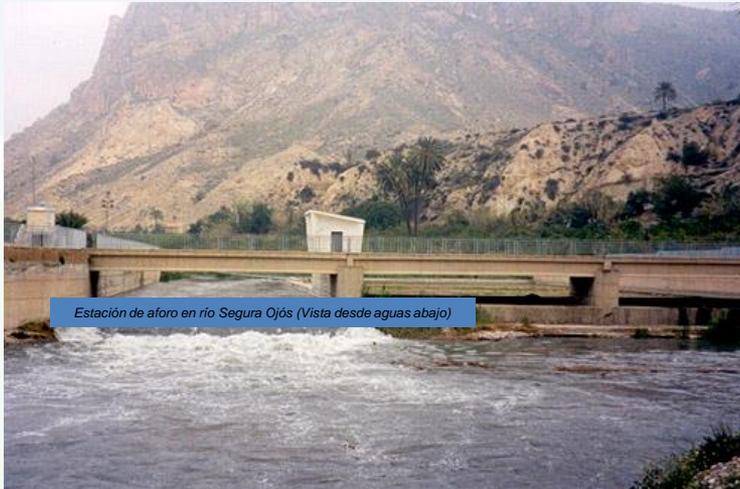
Población: 1.969.370

Superficie: 18.870 km²

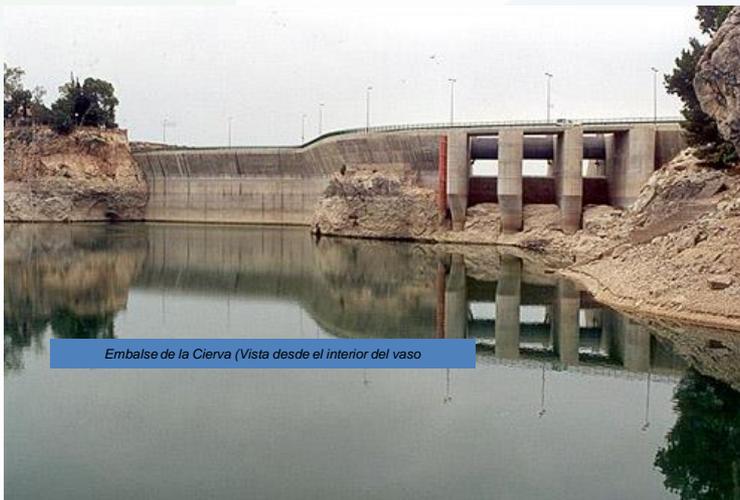


El SAIH Segura. Base para la modernización de la gestión del agua

El SAIH (sistema automático de información hidrológica), en la cuenca del Segura se concibe como un sistema de telemedida, telecontrol y centralización de determinados parámetros hidráulicos y meteorológicos, en tiempo real, utilizando la tecnología más moderna en ese momento, para la pronta toma de decisiones por el personal humano, responsable de la gestión de los recursos hidráulicos en la Cuenca, en aras de una mejora en la seguridad de las personas y bienes en su caso y a una mayor eficiencia de las infraestructuras hidráulicas en explotación por la Administración.



Estación de aforo en río Segura Ojós (Vista desde aguas abajo)



Embalse de la Cierva (Vista desde el interior del vaso)

Desagüe del embalse de la Fuensanta (Vista desde coronación)



El SAIH Segura. Infraestructuras

Las distintas infraestructuras tecnológicas, o subsistemas componentes del SAIH, (SAIH - Infraestructura), se pueden resumir en cinco: Obra civil, instrumentación, alimentación y protecciones, comunicaciones y subsistema Informático.

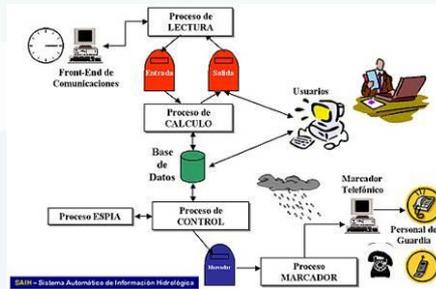


Obra civil



Alimentación y protecciones

Subsistema informático



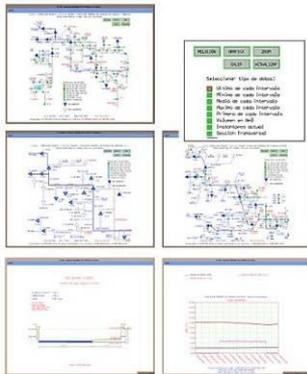
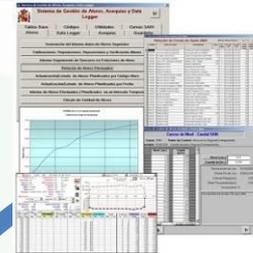
Instrumentación



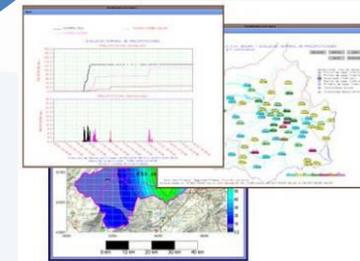
Comunicaciones

Explotación del SAIH Segura

Hidrometría



Apoyo a la gestión en situaciones ordinarias



Apoyo a la toma de decisiones en situaciones extraordinarias de crecidas y avenidas

S.A.I.H. - Caseta tipo. Estación Repetidora. Detalles.

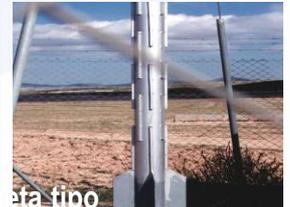
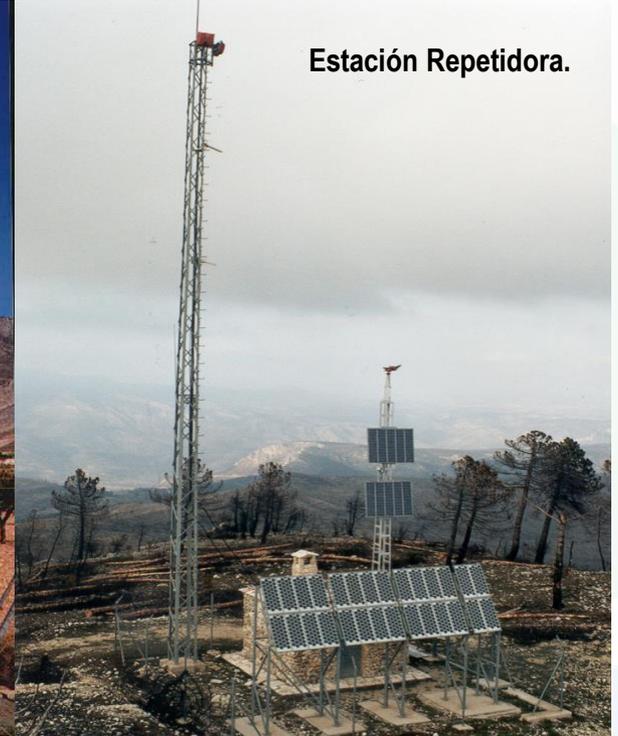
Caseta tipo (elevada) (Vista posterior)



Caseta estándar tipo (Vista anterior)



Estación Repetidora.



Detalles y vistas interiores caseta

Detalles exterior caseta tipo

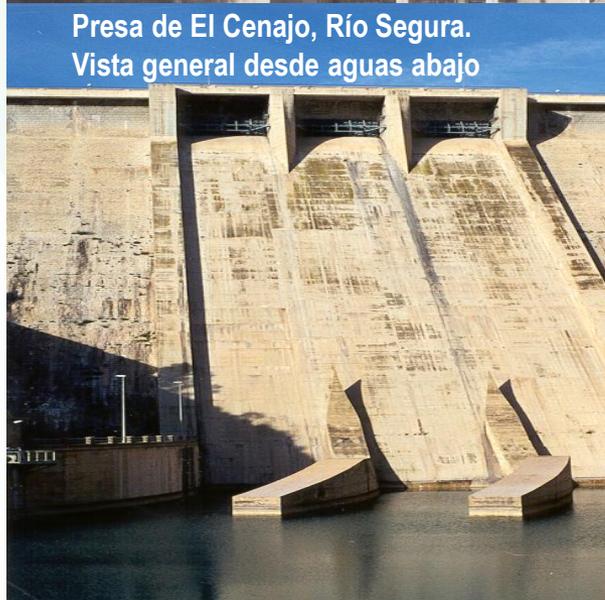
S.A.I.H. - Presas de regulación



Presas de El Cenajo, Río Segura. Detalle aliviadero y compuertas



Presas de Puentes, Río Guadalentín. Vista desde aguas arriba
Detalle diversos desagües y aliviadero



Presas de El Cenajo, Río Segura.
Vista general desde aguas abajo

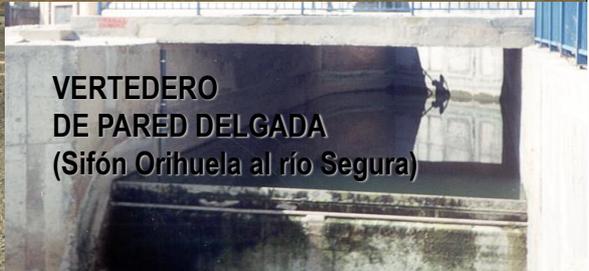
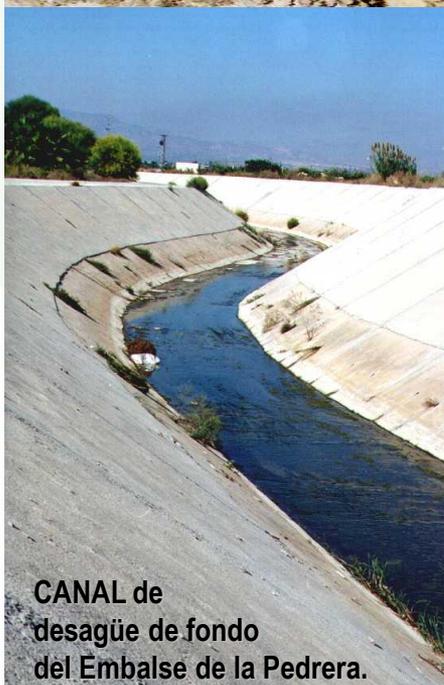


Presas de La Cierva, Río Mula.
Detalle aliviadero y compuertas



Presas de La Fuensanta, Río Segura. Detalle
diferentes niveles de desagües y aliviaderos.

S.A.I.H. - Puntos de control en cauces y canales



S.A.I.H. - Encauzamientos

