



MODELO DE INDICADORES DE DISTRIBUCIÓN OPERATIVA



IRRIGACIÓN

Departamento General
de Irrigación



El Superintendente del
Departamento General de Irrigación
Cr. José Luis Álvarez

Agradece la colaboración de:

Prof. Fabiana Álvarez
Ing. Raúl Araujo
Lic. Cecilia Bizzotto
Lic. María Paula Brandi
Gabriel Bucca
Ing. María Isabel Cicchitti
DG Ramiro Díaz Arizu
Marianela Gómez
Ing. Roberto Inzirillo
Ing. Leandro Manzano
DG Sebastián Marques
DG Agustín Marigliano
Lic. Gustavo Maza
Ing. Raúl Muzzio
Lic. Gabriela Ormeño
Ing. Rafael Pereira
Tec. Esteban Quiroga
Lic. Gastón Ríos

**Manual MIDO - Guía de trabajo
Departamento General de Irrigación
Mendoza, Argentina, Septiembre de 2016.**

Registro de Propiedad Intelectual en trámite

© Departamento General de Irrigación
España 1776 - Ciudad de Mendoza
Mendoza, Argentina

*Se autoriza la reproducción del contenido de esta obra,
siempre y cuando se cite la fuente.*

El manejo del agua, tarea centenaria realizada históricamente por los habitantes de los pueblos originarios de Mendoza y luego por el Departamento General de Irrigación, no se limita al encausamiento de los ríos y a su almacenamiento. Las crecientes *demandas productivas y el contexto de variabilidad climática* actual requieren un control cada vez más riguroso de nuestros recursos.

A través de los lineamientos establecidos en el **Plan Agua 2020** y por el trabajo integrado del *Consejo Consultivo Científico y Técnico*, detectamos la necesidad de contar con información no sólo estadística de la distribución en la provincia, sino integrar un *modelo en tiempo real* que nos permita tomar acciones de corrección en la gestión del recurso tanto en su cantidad como en su calidad. De esta manera, consolidamos un aprovechamiento más eficiente del agua a través de la implementación de tecnología y la profesionalización del recurso humano.

Así nace **MIDO**, *Modelo de Indicadores de Distribución Operativa*, una herramienta estratégica para la toma de decisiones en la gestión hídrica. Este sistema contribuye a *mejorar la eficiencia* en tiempo real, actuando eficazmente ante eventuales pérdidas dentro del sistema del riego, como así también permite conocer parámetros de humedad en el suelo, evaluar la aplicación en el riego y la calidad del recurso entregado.

Esta valiosa herramienta es un cambio de visión en la gestión de los recursos hídricos que contribuye a concretar *una distribución a la demanda, según la necesidad de los cultivos*. Este cambio implica dejar de pensar la distribución teniendo sólo en cuenta la cabecera de los canales matrices, sino también analizando la misma desde la toma de cada finca.

MIDO se constituye como un elemento fundamental dentro de un modelo de gestión renovado para la administración de un bien público y estratégico como es el agua. *En Mendoza para que cada gota llegue a su destino es necesario pensar estratégicamente en el mañana, trabajando hoy en el crecimiento de nuestra provincia.*



Cr. José Luis Álvarez
Superintendente

Departamento General de Irrigación

Índice

Introducción.....	9	MIDO Lluvia.....	95
Página tipo.....	10	Objetivos.....	95
Capítulo 1: Nociones fundamentales	11	Implementación.....	96
Antecedentes históricos	12	Metodología de medición.....	97
Ciclo hidrológico.....	16	MIDO Calidad.....	98
Balance hidrológico, balance hídrico y diseño hidrológico.....	18	Objetivos de MIDO Plantas potabilizadoras,	
La cuenca y sus características geomorfológicas.....	32	Plantas depuradoras y Vuelcos industriales.....	98
Capítulo 2: Hidrogeología de las cuencas mendocinas	35	Conceptos básicos de calidad del agua.....	99
Contexto hidrogeológico general de Mendoza.....	36	Efluentes.....	105
Caracterización general de nuestras cuencas.....	37	Capítulo 4: Indicadores de gestión.....	111
Río Mendoza.....	38	Indicadores para la Gestión de Recursos Hídricos.....	112
Río Tunuyán.....	40	Características.....	112
Río Diamante.....	44	Uso de los indicadores.....	112
Río Atuel.....	47	Lecciones aprendidas.....	113
Río Malargüe.....	50	Administración de datos.....	114
Capítulo 3: MIDO, un cambio de paradigma	53	Almacenamiento y procesamiento de datos.....	114
Un poco de historia.....	54	Visualización de la información.....	115
Marco estratégico del Sistema MIDO.....	56	Sitio Web.....	115
PLAN AGUA 2020.....	57	App sistema Android. MIDO AGUA.....	117
¿Cómo funciona MIDO?.....	58	Programa de gestión de datos.....	118
¿Qué datos arroja MIDO?.....	60	Visualización de datos de medición de un punto.....	120
MIDO Nieve.....	62	Visualización de datos históricos.....	120
Medición de la cantidad de nieve		Turnados.....	121
o equivalente de agua nieve.....	62	Anexo: Tipologías de obra	125
Cateos de nieve.....	62	Introducción.....	126
Estaciones nivometeorológicas.....	65	Proceso constructivo del aforador.....	127
MIDO Cauce.....	68	Consideraciones importantes.....	135
Algunas formas de medir caudales abiertos.....	69	Medición directa.....	139
Caudal en ríos y arroyos.....	78	Pluviómetro y Humedad del suelo.....	140
Caudal en tuberías.....	79	Energía.....	141
Nivel piezométrico en pozos.....	81	Bibliografía	147
Nivel de embalses.....	82		
Medición ante alertas hidrológicas.....	83		
MIDO Suelo.....	84		
Objetivos.....	84		
Fundamentos.....	85		
Implementación.....	85		
Conceptos básicos.....	86		



“...Ahora para que las administraciones que entienden en la justa repartición de las aguas, puedan tener los medios necesarios a su cometido, es menester que todas las tomas, ya sea de los canales secundarios o de los principales, o de las hijuelas de los secundarios, estén munidas de compuertas, y de un medio oportuno para conocer el volumen del agua que sale por las mismas, o en otras palabras para medir el agua...”

César Cipolletti

Informe sobre la hidráulica de mayor urgencia e importancia a hacerse en la zona norte de la provincia de Mendoza, es decir en la parte regada por los ríos Mendoza y Tunuyán. *Diario Los Andes*, 15 de noviembre de 1889

Introducción

Actualmente, la creciente importancia del conocimiento para la toma de decisiones en la elaboración y ejecución de políticas que apunten a una eficiente administración de los recursos, orientan los esfuerzos al diseño de modelos que estructuren la información.

En este sentido, la elaboración de indicadores y sus correspondientes sistemas se convierten en instrumentos fundamentales y alternativas tecnológicas para la generación, almacenamiento, análisis y flujo de la información.

En el marco del “Plan Agua 2020”, el Departamento General de Irrigación (DGI) ha trabajado en el diseño de un sistema que utiliza tecnología nacional y brinda una herramienta fundamental para la gestión del recurso hídrico, al mismo tiempo que hace más eficiente su administración y uso no solo para el propio DGI, sino también para las Inspecciones de Cauce. Para ello es fundamental conocer detalladamente y en tiempo real la disponibilidad de agua, su captación, manejo, calidad y distribución final por un lado, así como obtener información de los suelos y sus cultivos, a través de la medición de parámetros fisicoquímicos que sean indicadores claros de esta evolución en el momento en que se está produciendo.

MIDO es un Modelo de Indicadores de Distribución Operativa, donde la tecnología es aplicada para obtener información confiable y fácilmente comprensible. La selección y elaboración de esta información contenida en datos, permite modelar fenómenos y aportar herramientas para la planificación y la toma de decisiones que, luego de su ejecución, deben ser los suficientemente flexibles para recibir los ajustes necesarios y aportar a nuevas acciones.

Como fin último, **MIDO** apunta a acercar la administración del recurso hídrico a la comunidad, aportando transparencia a la gestión, al hacer pública la información obtenida.





Página tipo

La distribución sobre la página es muy sencilla. El texto se encuentra redactado en forma clara, mediante un lenguaje cotidiano y simple.

Sobre el margen de la hoja se introduce un cuadro de texto rectangular que abarca todo el largo de la página y se repite en cada una de ellas. Este espacio tiene varias finalidades señaladas mediante los siguientes iconos que indican:



Glosario para aquellos términos técnicos que necesitan ser explicados y ampliados.

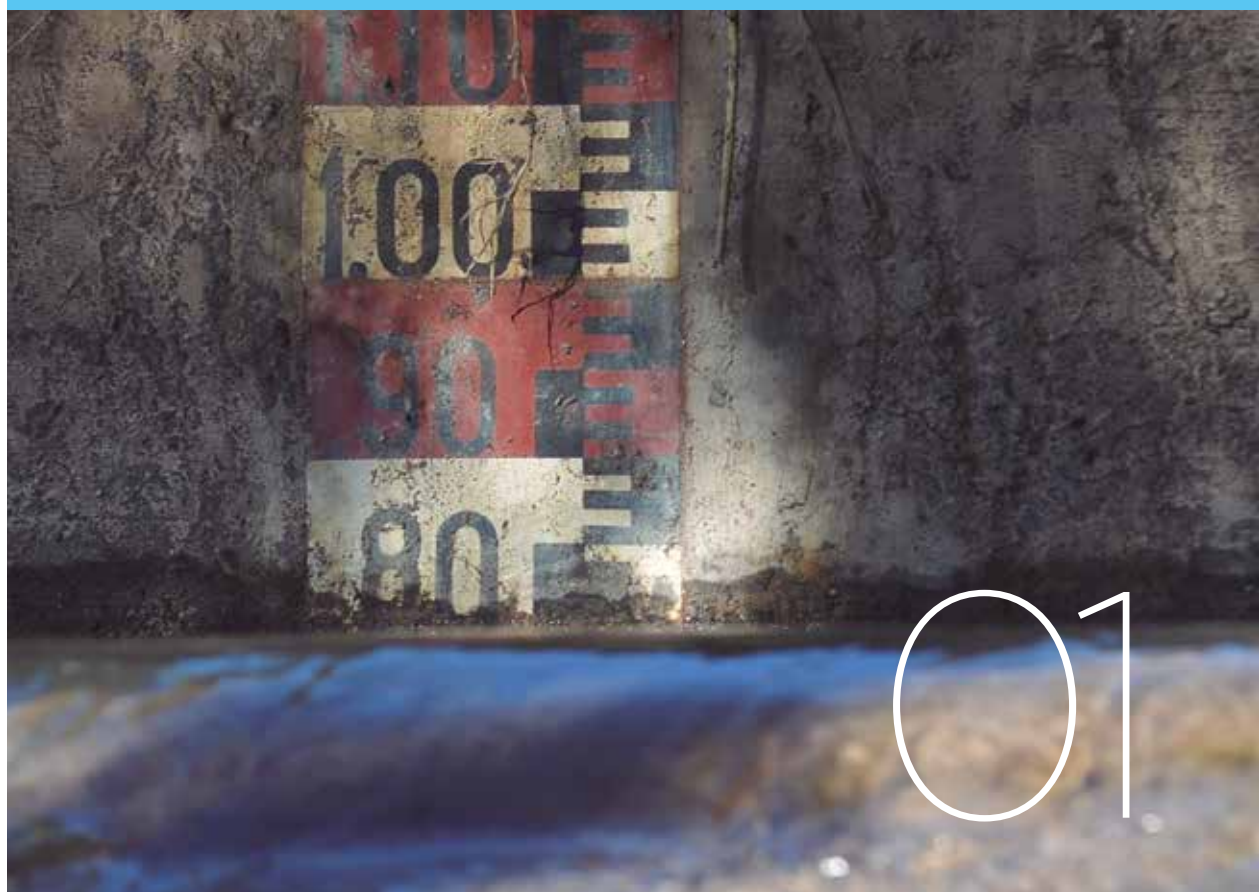


Más información sobre el tema desarrollado o sitios de consultas.



Advertencias o ejemplos incorrectos para tener en cuenta en cada uno de los procedimientos MIDO.

NOCIONES FUNDAMENTALES



01

IRRIGACIÓN

Departamento General
de Irrigación

Para comprender la evolución de las ciencias del agua es necesario tener en cuenta en primer lugar los antecedentes históricos de los cuales surgen conceptos clave como ciclo hidrológico, balance hidrológico, balance hídrico y diseño hidrológico. Estos conceptos nos ayudan a interpretar y cuantificar los fenómenos hidrológicos con el fin de proporcionar un soporte a estudios, proyectos y obras de ingeniería hidráulica.

Identificar la cuenca como unidad territorial con características propias es imprescindible para poner en marcha los proyectos necesarios para propiciar el desarrollo de las comunidades, teniendo en cuenta que el agua es el principal recurso para lograrlo.

Antecedentes históricos

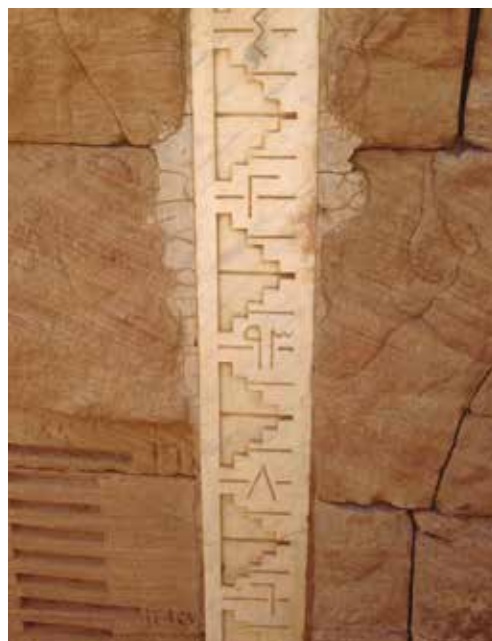
Hablar del desarrollo de las ciencias del agua es hablar de la historia de la humanidad. La humanidad siempre ha estado ligada al agua, por ello las evidencias de grandes civilizaciones antiguas se han encontrado ubicadas a lo largo de las márgenes de ríos: Babilonia sobre el Tigris y el Eufrates en la Mesopotamia, Egipto a las márgenes del Nilo, el Indus en la India, el río Amarillo en China, Roma sobre el Tíber en Italia, entre otras.

También existieron grandes civilizaciones que dependieron en su mayoría de las aguas de lluvias, como la antigua Grecia o aquellas que usaron también fuentes de aguas subterráneas como los Persas.

Los Egipcios hicieron mediciones de los niveles de las inundaciones del Nilo y las relacionaron con predicciones sobre las condiciones de vida en los meses siguientes. Estas civilizaciones construyeron importantes obras de irrigación.



Nilómetro: nombre dado a unas construcciones escalonadas o pozos, diferentes en cuanto a su diseño pero con una misma función: medir el nivel de las aguas del río Nilo. Se tomaba como referencia de la situación económica, para establecer los impuestos y para saber cuánta cosecha se recogería en los campos de cultivo.



Nilómetro

1

La civilización romana marcó un avance fundamental en la práctica de las construcciones. Los acueductos romanos son considerados una de las maravillas de la ingeniería de la antigüedad, ya que en Roma tenían un completo sistema de cloacas y sistemas de desagües urbanos que aún hoy son eficientes.



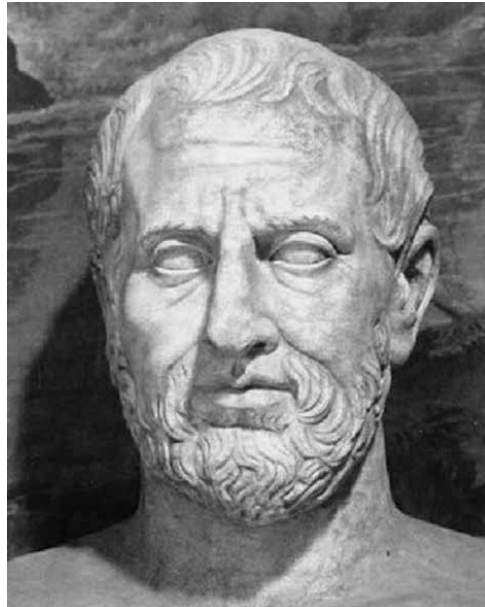
Acueducto romano

Varios pensadores de la antigüedad hicieron especulaciones sobre el concepto del ciclo del agua o ciclo hidrológico.

En la civilización griega los primeros estudios fueron los de Aristóteles quien estableció conceptos sobre el ciclo hidrológico, pero con algunos criterios erróneos. Teofrasto, discípulo y continuador de Aristóteles describió correctamente el ciclo hidrológico y dio explicaciones sobre la formación de las nubes y las precipitaciones.

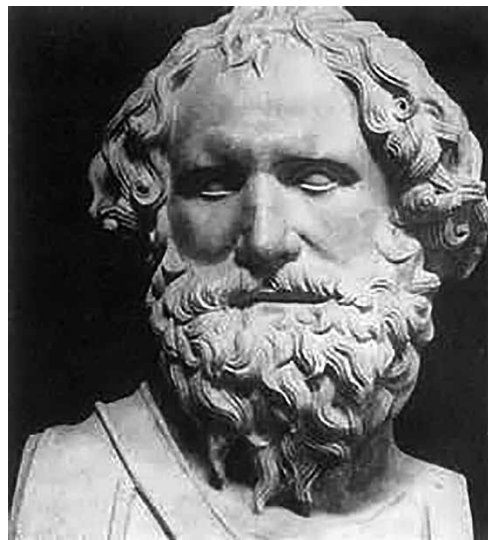


Aristóteles



Theophrasto

Desde el punto de vista científico, una de las contribuciones más importantes a las ciencias del agua en la antigüedad fue la de Arquímedes, creador de la hidrostática.



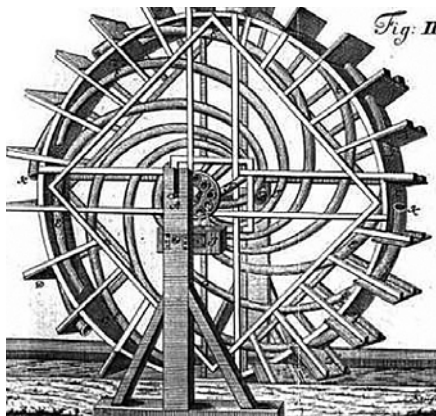
Arquímedes

A fines de la Edad Media, durante el renacimiento se inició un cambio gradual desde los conceptos puramente filosóficos de la hidrología hacia una ciencia de la observación. Leonardo da Vinci expresó conceptos de la ley de continuidad y del flujo del agua en canales y sugirió diseños de máquinas hidráulicas. Realizó los primeros ensayos de medición de la velocidad del agua en canales.

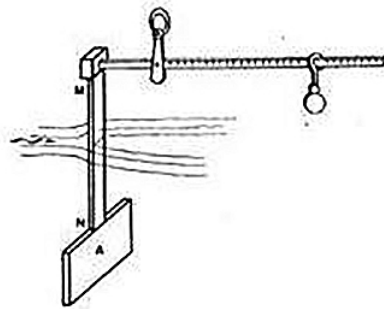


Leonardo da Vinci

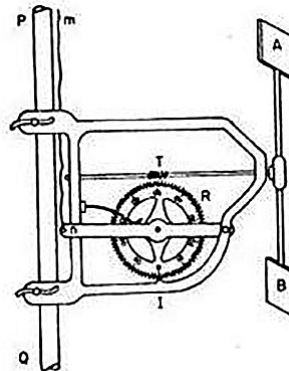
A partir de 1600, el desarrollo de las ciencias del agua fue más importante en hidráulica con grandes avances en la fase experimental, lo que permitió formular leyes que dieron muchas de las bases de la hidráulica moderna referente al movimiento del agua en canales, tuberías y flujo subterráneo. Personajes como Torricelli, Mariotte, Pascal, Newton, Bernoulli, Manning, Darcy, Reynolds, Saint-Venant, entre otros; intuyeron leyes con métodos experimentales que hoy son básicas para la hidráulica. En hidrología, entre 1600 y 1700 se intensificó el período de mediciones y el desarrollo de aparatos más sofisticados como pluviógrafos basculantes y correntómetros para medir lluvias y velocidades del agua en ríos y canales respectivamente.



Correntómetro de rueda de paletas



Balanza hidrométrica



Rodete a paletas de Woltman

Desde principios del siglo XX la disponibilidad sistemática de datos hidrométricos y climáticos generó un acopio de información que a su vez estimuló a los hidrólogos a usar métodos estadísticos para su interpretación y extrapolación. Sin embargo, lo que impulsó la evolución de la hidrología fue la incorporación de la tecnología digital. Esto significó la posibilidad de simular mediante modelos matemáticos, condiciones y situaciones de eventos naturales, cuya secuencia y magnitud no se habían registrado en el pasado. Esto demuestra que la modelación matemática, al igual que la modelación física en hidráulica, solo es valiosa cuando el modelo se calibra y se valida con datos reales.

"Pero faltaba todavía un aporte más: la posibilidad de conocer los eventos naturales registrados simultáneamente en lugares distantes (caudales en las altas cuencas, lluvias y temperaturas en sitios remotos), es decir, en el mismo momento en que el evento se produce en un sitio. Así, el hidrólogo tiene la posibilidad de obtener los datos y tomar decisiones importantes en el momento y en el lugar adecuados. Nace así la hidrología en tiempo real que puede integrar la modelación matemática con los modernos sistemas de comunicaciones (terrestres, satélites-microondas, telefonía celular)." (Fernández, 1999).

Ciclo hidrológico

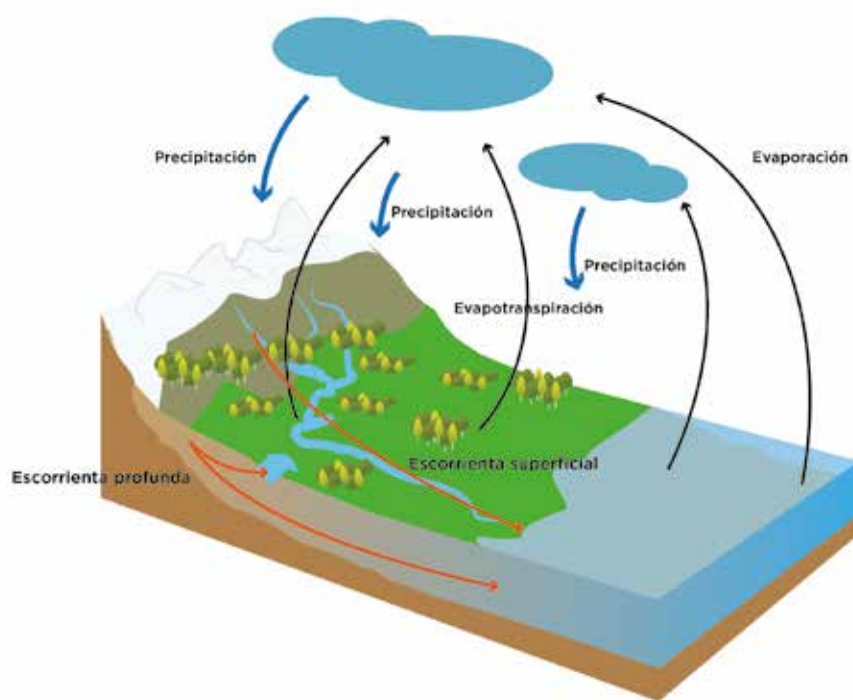
El ciclo hidrológico se define como la secuencia de fenómenos por medio de los cuales el agua pasa de la superficie terrestre, en la fase de vapor, a la atmósfera y regresa en sus fases líquida y sólida.

La transferencia de agua desde la superficie de la Tierra hacia la atmósfera, en forma de vapor de agua, se debe a la evaporación directa, a la transpiración por las plantas y animales, además de sublimación (paso directo del agua sólida a vapor de agua). La cantidad de agua movida, dentro del ciclo hidrológico, por el fenómeno de sublimación es insignificante en relación a las cantidades movidas por evaporación y por transpiración, cuyo proceso conjunto se denomina evapotranspiración. El vapor de agua es transportado por la circulación atmosférica y se condensa luego de haber recorrido distancias que pueden sobrepasar 1.000 km. El agua condensada da lugar a la formación de nieblas y nubes y, posteriormente, a precipitación.

La precipitación puede ocurrir en la fase líquida (lluvia) o en la fase sólida (nieve o granizo).

El agua que precipita en tierra puede tener varios destinos. Una parte es devuelta directamente a la atmósfera por evaporación; otra parte escurre por la superficie del terreno (escorrentía superficial) que se concentra en surcos y origina las líneas de agua. El agua restante se infiltra penetrando en el interior del suelo. Esta agua infiltrada puede volver a la atmósfera por evapotranspiración o profundizarse hasta alcanzar las capas freáticas.

Tanto el escurrimiento superficial, como el subterráneo van a alimentar los cursos de agua que desembocan en lagos y océanos. La escorrentía superficial se presenta siempre que hay precipitación. Por otro lado, el escurrimiento subterráneo, especialmente cuando se da a través de medios porosos, ocurre con gran lentitud y sigue alimentando los cursos de agua mucho después de haber terminado la precipitación que le dio origen.



Modelo simplificado del ciclo hidrológico



Intercepción: *es una determinada cantidad de precipitación que no entra al proceso de escorrentía y es retenida por la vegetación.*

Infiltración: *se refiere al ingreso del agua al suelo desde la superficie. Es un proceso directamente relacionado con las condiciones y características de la superficie del suelo.*

Evaporación: *es el proceso mediante el cual el agua presente en el globo terráqueo (océanos, ríos, lagos, suelos, vegetación, etcétera) cambia de fase líquida a vapor y regresa a la atmósfera.*

Evapotranspiración: *La evapotranspiración se refiere a la parte del ciclo hidrológico que combina el proceso de la evaporación directa del suelo y la transpiración de los vegetales.*

Percolación: *El agua que se infiltra, en primera instancia, satura los estratos superiores del perfil del suelo y luego drena hacia los estratos inferiores contribuyendo a la recarga de acuíferos y a la formación del flujo base, subsuperficial y profundo.*

Balance hidrológico, balance hídrico y diseño hidrológico

Balance hidrológico

El balance hidrológico relaciona las variables que intervienen en el ciclo hidrológico: precipitación, evapotranspiración, escurrimiento superficial, almacenamiento superficial y subterráneo y flujo de agua subterránea. Se aplica cuando se realiza una distribución de los recursos hidráulicos a nivel global o en cuencas particulares. Es imprescindible en los estudios de regulación de embalses y en los proyectos de suministro de agua para acueducto, riego y generación hidroeléctrica.

Precipitación

Para que la humedad se haga presente en la atmósfera y luego se transforme en precipitación se requieren tres condiciones: un estado de saturación (generalmente por enfriamiento), un cambio de fase del vapor de agua a líquido o sólido y un crecimiento de las pequeñas gotas o cristales de hielo que permitan su caída.

Como resultado de las dos primeras condiciones se forman las nubes, pero no necesariamente la precipitación. Para que se formen gotas de suficiente tamaño y peso deben existir núcleos de condensación constituidos por polvo atmosférico o cristales de sales.

La precipitación media en una zona o en una cuenca es motivo de considerable interés en el diseño hidrológico y su correcta evaluación es muy importante en la modelación de los procesos de lluvia y escorrentía, tanto en modelos de pronóstico como en diseño. Según sean las necesidades del estudio puede usarse el valor de la precipitación media anual, mensual, diaria o de una tormenta distribuida sobre un área. La precipitación se mide por la altura que alcanza el agua acumulada sobre una superficie de un metro cuadrado (1 m^2) y se expresa en milímetros (mm).

Agua en el suelo

Desde el punto de vista de la hidrología de superficie y del diseño hidrológico, el agua en el suelo es importante tanto por su almacenamiento que incide en la formación del flujo base (flujo subsuperficial y profundo), como por su movimiento en medio poroso (el suelo).

La capacidad del suelo para retener agua en períodos entre lluvias o con las aguas provenientes de la fusión nival es de gran importancia en relación a la vegetación, tanto natural como cultivada, y con la presencia de aguas subterráneas. Esta habilidad se debe a la naturaleza porosa del suelo, el que está formado por pequeñas partículas de material sólido y poros ocupados por aire o agua. La porosidad total y por lo tanto, la capacidad de retener agua, es mayor en arcillas que en limos y arenas.

En el ciclo hidrológico la precipitación está sometida a una serie de pérdidas antes de que fluya como escorrentía superficial hacia un río o arroyo.



En diseño hidrológico, las pérdidas se consideran como la diferencia entre la lluvia total caída (medida) y la lámina correspondiente a la escorrentía directa o superficial. La precipitación se puede perder por: intercepción por vegetación, retención por depresiones topográficas, infiltración en el suelo, evaporación y evapotranspiración.

Escorrentía

Usualmente cuando la tasa de la precipitación o de la fusión nival excede la tasa de infiltración superficial, el exceso de agua comienza a acumularse temporalmente en pequeñas depresiones de la superficie del suelo o simplemente escurre convirtiéndose en escorrentía superficial.

La escorrentía superficial está formada, en un primer momento, por el flujo de agua sobre la superficie del suelo. Si la cuenca receptora tiene pendiente este flujo fluye por gravedad hacia cursos de agua o canales de drenaje en principio, los que se agrupan en cauces de orden superior formando luego los tributarios principales de los grandes ríos.

En cuencas con pendiente y sistemas de drenaje definidos la escorrentía forma el caudal total que fluye a la salida de la cuenca. Este caudal total se divide, por razones prácticas, en dos: escorrentía directa y flujo base. La primera es aquella parte de la escorrentía que llega rápidamente al sistema de canales de drenaje después de una lluvia y forma la creciente, mientras que la segunda proviene del afloramiento de aguas subterráneas y el flujo subsuperficial.

El caudal de un río es la cantidad o volumen de agua que pasa por una sección determinada en un tiempo dado, generalmente un segundo. Por lo tanto, el caudal está en función de la sección en metros cuadrados (m^2) a recorrer por la velocidad a la que se desplace en metros sobre segundo (m/s). Se expresa en litros o metros cúbicos por segundo (l/s o m^3/s). El problema es determinar la velocidad, ya que es variable para cada punto del cauce y aunque se pueden usar métodos de aproximación lo normal es considerar los datos ofrecidos por las estaciones de aforo.



Se llama **estiaje** al menor caudal de un río o situación que suele repetirse, por lo general, todos los años en la misma época, especialmente en los países de las zonas templadas cuyas precipitaciones están determinadas por el ritmo de las estaciones. Este término procede de estío que significa verano, ya que el idioma español se desarrolló en un país de clima mediterráneo donde la época de aguas bajas en los ríos corresponde con el verano, aunque en nuestro territorio los menores caudales se obtienen durante el invierno.

Se llama **crecida o creciente** a la época o momento de mayor caudal.

El flujo subsuperficial es aquella porción de la precipitación que se infiltra y se mueve paralelamente a la superficie por la parte superior del perfil del suelo y hacia los cursos o canales del sistema de drenaje de la cuenca.

El flujo subterráneo es aquella parte del flujo que se forma principalmente por percolación profunda en la misma cuenca (acuíferos a presión atmosférica o estratos profundos de suelo con presencia del nivel freático), o por el aporte de precipitaciones

(lluvia, fusión nival y glacial) en cuencas confinadas entre capas de suelo impermeables y bajo presión superior a la atmosférica. En el contexto general del ciclo hidrológico, los diferentes aportes al flujo subterráneo, descargan finalmente en los cauces, con mayor o menor retardo según sea la conductividad hidráulica del suelo y la pendiente del acuífero.

Acuífero: estrato o formación geológica permeable que permite la circulación y el almacenamiento del agua subterránea por sus poros o grietas.



Modelo simplificado de tipos de acuíferos

Factores climáticos y fisiográficos que afectan la escorrentía

El principal efecto climático es la intensidad y la duración de la precipitación. La intensidad resulta fundamental porque se relaciona con la tasa de infiltración del suelo. Si la intensidad de la lluvia es mayor a la tasa de infiltración todo el excedente de la lluvia es escorrentía superficial. La intensidad se relaciona con la duración de la precipitación y así una lluvia de intensidad de 40 mm probablemente no produzca escorrentía en 24 horas, pero en una hora seguramente producirá una creciente importante.

En cuencas de régimen nival resulta importante el equivalente de agua en el manto de nieve y su extensión y durante el período de fusión la radiación solar, la temperatura y el viento entre otros factores.

En relación a los efectos fisiográficos se pueden enumerar algunos:

- Relativos a la cuenca: tamaño, forma, pendiente, orientación (este último en cuencas navales).
- Densidad y forma de la red de drenaje.
- Altitud: presencia de lagos y depresiones, uso del suelo, cobertura vegetal (tipo y densidad de vegetación), tipo de suelo (capacidad de infiltración, permeabilidad, presencia de capas freáticas, entre otras).
- Parámetros geomorfológicos.

Meteorología

La Meteorología es la ciencia encargada del estudio de la atmósfera, de sus propiedades y de los fenómenos que en ella tienen lugar: los llamados meteoros. El estudio de la atmósfera se basa en el conocimiento de una serie de magnitudes o variables meteorológicas, como la temperatura, la presión atmosférica o la humedad, las que varían tanto en el espacio como en el tiempo.

Cuando describimos las condiciones atmosféricas en un momento y lugar concretos estamos hablando del tiempo atmosférico.

Las variables meteorológicas

Son múltiples las variables que pueden considerarse al momento de describir el estado del tiempo atmosférico. A continuación se enumeran las principales.

•La temperatura

Es una de las magnitudes más utilizadas para describir el estado de la atmósfera. Formalmente, la temperatura es una magnitud relacionada con la rapidez del movimiento de las partículas que constituyen la materia: mientras mayor agitación presenten éstas, mayor será la temperatura.

En meteorología es muy habitual hablar de temperaturas máximas y mínimas, es decir, los valores más altos y más bajos registrados en un periodo de tiempo, por ejemplo, un día. Como toda magnitud física, la temperatura tiene asociadas unidades de medida diferentes en función de la escala que elijamos. En Argentina se utiliza la escala Celsius que se expresa en grados centígrados (°C).

•La presión atmosférica

El aire que nos rodea, aunque no lo notemos, pesa y por lo tanto ejerce una fuerza sobre todos los cuerpos debida a la acción de la gravedad. Esta fuerza por unidad de superficie es la denominada presión atmosférica cuya unidad de medida en el Sistema Internacional es el Pascal (1 Pascal = 1N/m²).

La presión atmosférica depende de muchas variables sobre todo de la altitud. Cuanto más arriba en la atmósfera nos encontremos la cantidad de aire por encima nuestro será menor lo que hará que también sea menor la presión que éste ejerza sobre un cuerpo ubicado allí.

Pero la presión atmosférica, además de la altitud, depende de muchas otras variables. La situación geográfica, la temperatura, la humedad y las condiciones meteorológicas son sus principales condicionantes. Precisamente la relación que existe entre la presión atmosférica y el tiempo en un lugar hace de ésta una variable fundamental en la información meteorológica.

Existen muy diversas unidades de medida de la presión atmosférica. Las más comunes son: atmósferas, mm de mercurio, pascales, hectopascales y milibares. La conversión entre unas y otras puede realizarse teniendo en cuenta que:

1 atmósfera = 760 mmHg = 101300 N/m² (o Pa)= 1013 mb (o hPa)

•El viento

El viento consiste en el movimiento de aire desde una zona hasta otra. Existen diversas causas que pueden provocar la existencia del viento, pero normalmente se origina cuando entre dos puntos se establece una cierta diferencia de presión o de temperatura.

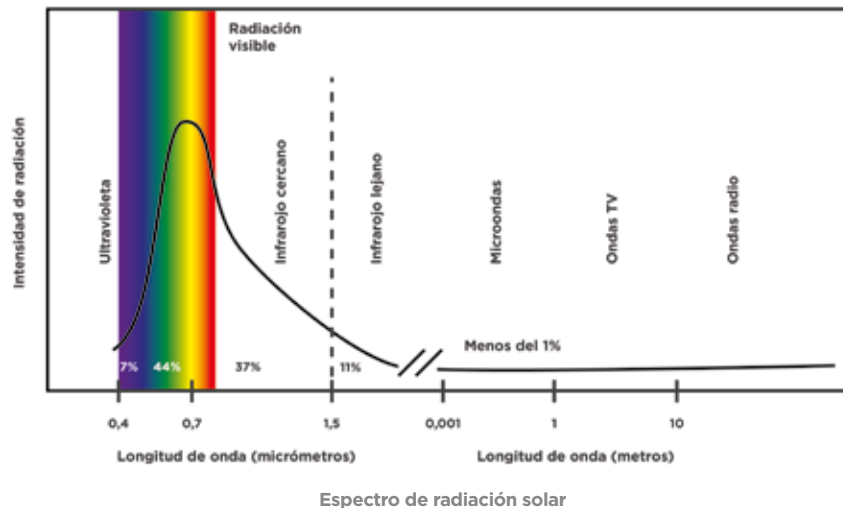
En el primer caso, cuando entre dos zonas la presión del aire es distinta, éste tiende a moverse desde la zona de alta presión a la zona de baja presión. En el caso de que sea una diferencia térmica el origen del viento se produce cuando una masa de aire adquiere una temperatura superior a la de su entorno y su volumen aumenta, lo que hace disminuir su densidad. Por efecto de la flotación la

masa de aire caliente ascenderá y su lugar será ocupado por otras masas de aire que en su desplazamiento ocasionarán el viento. Las brisas, que estudiaremos a continuación, se producen de esta forma y éste es el origen de las tormentas estivales. También, a mayor escala, son las responsables de los vientos predominantes en los trópicos.

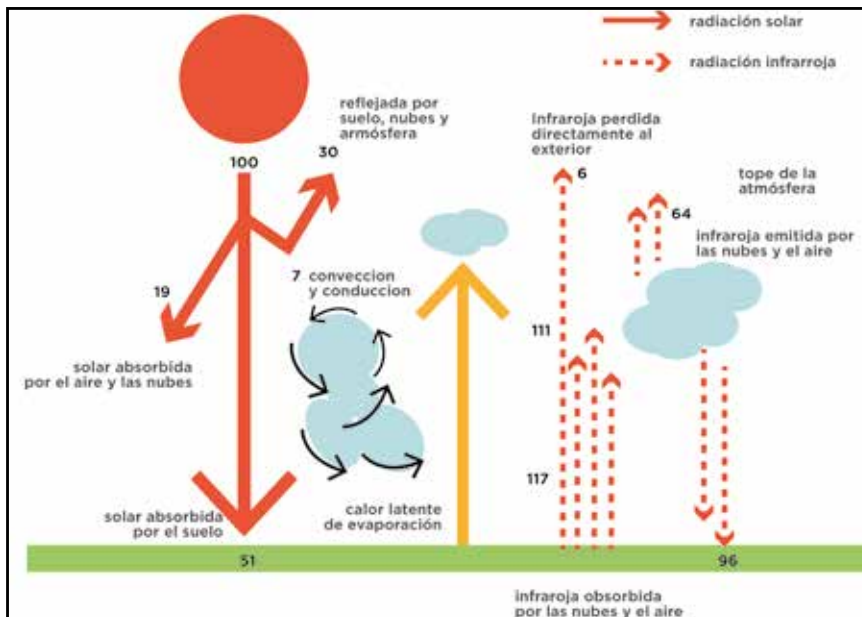
Las medidas usuales del viento son su intensidad y dirección.

• La radiación solar

La energía transferida por el sol a la tierra es lo que se conoce como energía radiante o radiación. Ésta viaja a través del espacio en forma de ondas que llevan asociada una determinada cantidad de energía. Las ondas más energéticas son las correspondientes al rango del ultravioleta, seguidas por la luz visible, infrarroja y así hasta las menos energéticas que corresponden a las ondas de radio. Estos rayos solares transfieren energía a los cuerpos y la atmósfera y elevan su temperatura.

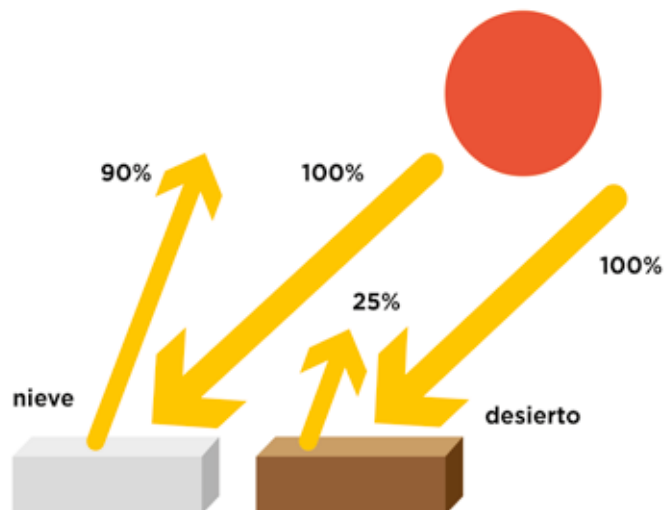


La gran mayoría de la radiación solar (flechas rojas) es absorbida por la superficie terrestre (51%), sólo el 19% de ella es absorbida directamente por los componentes atmosféricos y las nubes y el 30% es reflejada por la superficie, las nubes, y los gases y partículas de la atmósfera, y devuelta al espacio exterior.



Balance de radiación del sistema tierra-atmósfera

A la cantidad de radiación que es reflejada por un cuerpo respecto a la radiación incidente se le conoce como albedo. El sistema tierra-atmósfera tiene un albedo promedio del 30%. La nieve recién caída o algunos cumulonimbos de gran desarrollo vertical presentan un albedo cercano al 90%, mientras que los desiertos tienen cerca del 25% y los océanos alrededor de un 10% (absorben casi toda la radiación que les llega).



Caracterización del albedo de la nieve y de la arena

El flujo de radiación se mide en vatios por metro cuadrado de superficie (W/m^2).

• La humedad

El agua es uno de los principales componentes de la atmósfera en la que puede existir como gas, como líquido y como sólido. La presencia del agua en los tres estados de agregación se debe a que las condiciones físicas (temperatura y presión) necesarias para que se produzcan dichos cambios de estado se dan normalmente en la atmósfera.

La humedad es la cantidad de vapor de agua que contiene el aire. Esa cantidad no es constante, sino que dependerá de diversos factores: si ha llovido recientemente, si estamos cerca del mar, si hay plantas, etcétera. Existen diversas maneras de referirnos al contenido de humedad en la atmósfera:

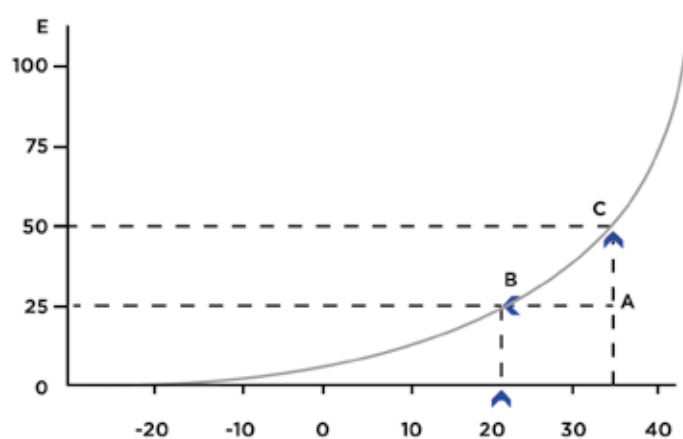
- **Humedad absoluta:** masa de vapor de agua, en gramos, contenida en 1 m³ de aire seco.
- **Humedad específica:** masa de vapor de agua, en gramos, contenida en 1 kg de aire.
- **Razón de mezcla:** masa de vapor de agua, en gramos, que hay en 1 kg de aire seco.

Sin embargo, la medida de humedad que más se utiliza es la denominada humedad relativa que se expresa en tanto por ciento (%) y se calcula según la siguiente expresión:

Cálculo de la humedad relativa ambiente:

$$H = (e/E) 100$$

En ella, se representa el contenido de vapor de la masa de aire y E su máxima capacidad de almacenamiento de éste llamada presión de vapor saturante. Este valor indica la cantidad máxima de vapor de agua que puede contener una masa de aire antes de transformarse en agua líquida (esto es lo que se conoce como saturación).



Relación entre el vapor saturante y la temperatura

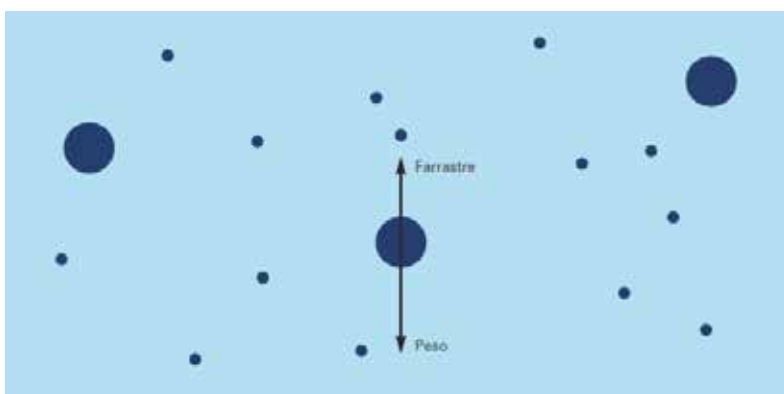
Otra variable relacionada con la humedad es la evaporación. La evaporación se calcula tomando un dato diario y restando la medida del dato del día anterior. La temperatura y el viento intenso aceleran el ritmo al que el agua de una superficie se evapora.

• La precipitación

Una nube puede estar formada por una gran cantidad de gotitas minúsculas y cristaltos de hielo procedentes del cambio de estado del vapor de agua de una masa de aire. Esta acumulación, al ascender en la atmósfera, se enfría hasta llegar a la saturación. En la realidad, para que el vapor existente en una masa de aire

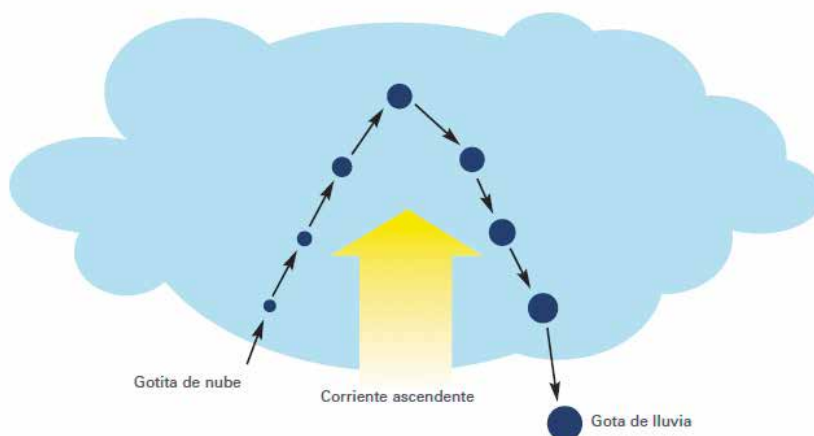
que alcanza la saturación pueda condensarse en forma de gotitas es preciso que se cumplan dos condiciones: la primera es que la masa de aire se haya enfriado lo suficiente y la segunda es que existan en el aire núcleos de condensación (denominados núcleos higroscópicos) sobre los que puedan formarse gotitas de agua.

Una vez que se han formado las nubes ¿Qué es lo que hace que estas descarguen lluvia, granizo o nieve; es decir, algún tipo de precipitación? Las minúsculas gotitas que forman la nube y que se encuentran en suspensión dentro de ella, gracias a la existencia de corrientes ascendentes, empezarán a crecer a expensas de otras gotitas que encuentran en su caída. Sobre cada gotita actúan fundamentalmente dos fuerzas: la debida al arrastre que la corriente de aire ascendente ejerce sobre ella y el peso de la gotita.



Equilibrio de fuerzas sobre una gota en el interior de una nube

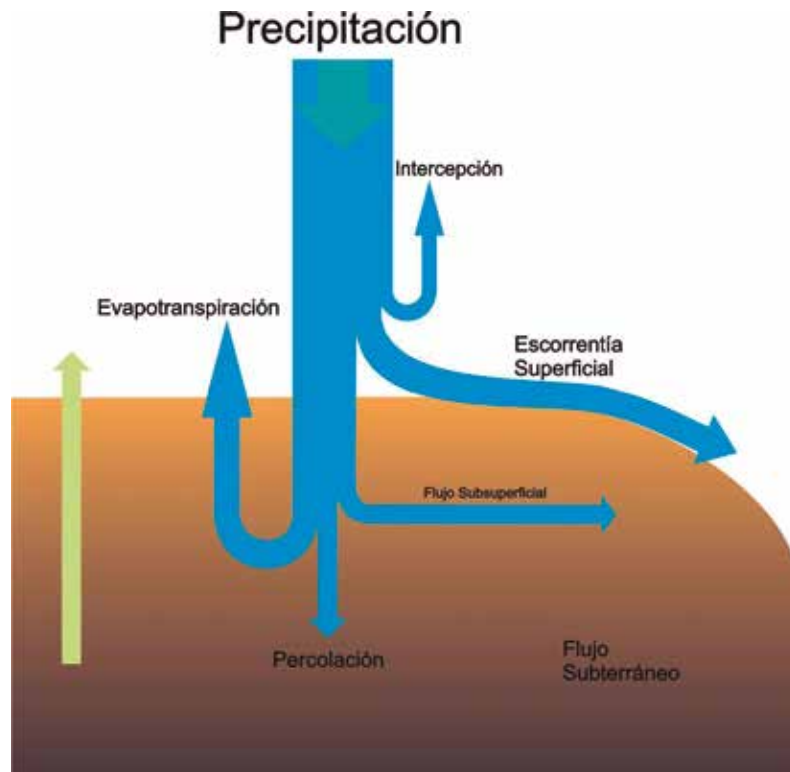
Cuando éste es suficientemente grande como para vencer la fuerza de arrastre, la gotita caerá hacia el suelo produciendo la lluvia. Las gotitas alcanzarán mayor tamaño cuanto más tiempo pasen dentro de la nube ascendiendo y descendiendo y cuanto mayor sea el contenido de agua líquida de la misma.



Proceso de crecimiento de una gota en el interior de una nube

La precipitación se puede dar también en forma sólida. El origen de la misma está en la formación de cristales de hielo en las nubes

que tienen su tope a grandes alturas y bajísimas temperaturas (-40°C). Estos cristales pueden crecer a expensas de gotitas de agua a muy baja temperatura que se congelan sobre ellos (este es el inicio de la formación del granizo) o bien uniéndose a otros cristales para formar los copos de nieve. Cuando alcanzan un tamaño adecuado y debido a la acción de la gravedad pueden salir de la nube dando lugar a la precipitación sólida en superficie, si las condiciones ambientales son las apropiadas.



Balance de la precipitación

Hidronivometeorología

La hidronivometeorología es un término acuñado en el Departamento General de Irrigación para referirse al estudio de la nieve, nivología y su relación con la meteorología y la hidrología. La nivología es el estudio de las propiedades fisicoquímicas del agua en su estado sólido, como hielo o nieve y su comportamiento.

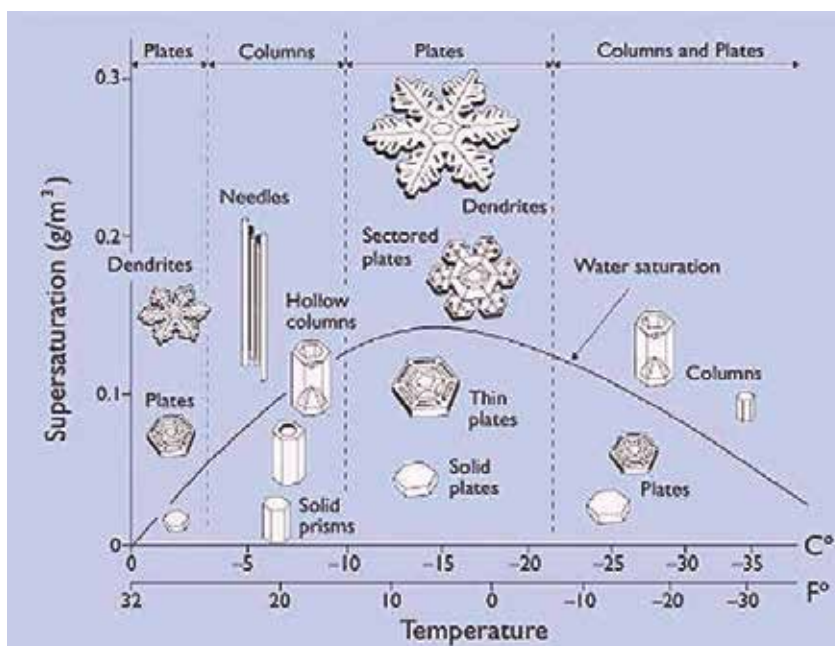
A continuación se hará una breve referencia a esta rama de la ciencia a fin de introducir algunos aspectos relevantes.

La nieve y sus propiedades físicas

• Formación

El vapor de agua de la atmósfera se condensa en cristales de hielo cuando se enfría lo suficiente. Si el aire se satura de humedad el vapor sobrante se condensa en torno a ciertas partículas atmosféricas. El agua pura en la atmósfera no se congela hasta alcanzar -40°C , pero gracias a esas partículas, llamadas núcleos de congelación, lo hacen en torno a -12° , lo que permite que se formen unos pequeños cristales de hielo que al absorber humedad forman los copos. A temperaturas entre

0° y -12° el agua está en forma líquida, en estado de subfusión y por esta razón, a pocos grados bajo cero es posible que llueva. Si la temperatura se mantiene por debajo de -12° se forman agujas, estrellas y dendritas. Entre -10° y -12°, plaquetas; entre -6° y -10°, columnas; entre -6° y -2°, partículas irregulares y nieve granulada. Y si está en torno a 0°, se forman copos grandes y húmedos. El viento rompe los cristales en partículas muy finas formando capas compactas en el suelo.



Formación de los granos o copos de nieve en relación a la saturación del vapor de agua en la atmósfera y la temperatura ambiente

• Clasificación

- Plaquetas: de formas planas y normalmente hexagonales.
- Estrellas: formas estrelladas con seis ramas.
- Columnas: barritas cilíndricas o trapezoidales.
- Agujas: formas de aguja que pueden cruzarse.
- Dendritas: estrellas tridimensionales, no planas.
- Columnas entre plaquetas: unión entre ambas formas.
- Partículas irregulares: cristales sin una forma concreta.
- Nieve granulada: granizo menudo y blando.
- Gránulos de hielo: granizo menudo y compacto.
- Granizo: bolas de hielo duro.

Escarcha: cristales de hielo originados por enfriamiento del aire superficial en noches despejadas. Forma capas muy inestables.

Cancellada: depósito de hielo en los objetos cuando son rodeados por nieblas frías.



Clasificación de los copos, granos y cristales de nieve

• Propiedades físicas de la nieve

La nieve contiene vapor de agua y a veces agua líquida en diferentes cantidades y temperaturas, lo que le otorga determinadas propiedades mecánicas y térmicas:

Resistencia a la compresión: tras la nevada se produce un apelmazamiento mecánico (del 15 al 20%) y otro térmico si se acerca a 0° que proporciona cohesión y estabilidad.

Variación de la densidad: al apelmazarse y transformarse aumenta su densidad de 50 kg/m³, de la nieve reciente, a 500 de la transformada o 900 del hielo de glaciar.

Viscosidad y plasticidad: la nieve es deformable y tiende a fluir pendiente abajo. Su viscosidad aumenta con el frío y el aumento de densidad, lo que hace fluir más rápidamente las capas superiores.

Cohesión: existe una cohesión frágil entre las ramas de los cristales de nieve que desaparece cuando se transforman. Si

la temperatura se aproxima a 0° se forma una película fina de agua entre los granos que producen una cohesión precaria, pero si se rehiela se produce una cohesión muy sólida.

Rozamiento: según sus cristales, temperatura y humedad, la nieve permanece en equilibrio en pendientes de ángulos diferentes.

Temperatura de la nieve. Influye en sus propiedades mecánicas y varía por:

- **Radiación solar absorbida (por los 15 cm superficiales):** la nieve reciente absorbe el 10%, frente al 50% de la nieve vieja.
- **Radiación infrarroja reflejada:** produce enfriamiento de la superficie (hasta 10° ó 15° inferior a la temperatura ambiente) en noches despejadas.
- **Temperatura del aire:** influye en las capas superficiales.
- **Viento:** acelera la transferencia de calor entre el aire y la nieve.
- **Humedad del aire:** si es cálido y húmedo (niebla), el vapor depositado en la nieve libera calor a ésta. Si es frío y seco, la nieve bombea vapor a la superficie evaporándose y enfriando la misma.
- **Lluvia:** provoca derretimiento rápido si empapa el manto.
- **Flujo geotérmico:** calienta la nieve junto al suelo.

El manto nivoso

Los cristales de nieve caídos sufren distintas transformaciones debidas al viento, nubosidad, precipitaciones, temperatura, humedad, etcétera. A lo largo de sucesivas nevadas se forman diferentes capas que componen el manto nivoso. Según sea esta metamorfosis, la nieve recién caída va evolucionando a distintos tipos de granos:

- 1. Nieve fresca (+):** cristales de nieve reciente, sin metamorfosis. Su cohesión es elevada
- 2. Escarcha (V):** cristales desde varios mm hasta 10 cm originados por enfriamiento en noches despejadas. Forman capas especialmente inestables al quedar enterradas.
- 3. Nieve granulada (o):** es nieve granulada de hasta 5 mm, sin metamorfosis. Su cohesión es escasa.
- 4. Partículas reconocibles (*):** son fragmentos de cristales de entre 0,5 y 1 mm con atenuación de crestas y ángulos formados por deformación térmica o mecánica. Ofrecen poca cohesión.
- 5. Placas de viento (-):** son granos finos de unos 0,2 mm formados por el viento al romper los cristales originales. Forman capas compactas e inestables al no soldarse al estrato inferior.
- 6. Granos finos (•):** cristales pequeños de entre 0,2 y 0,5 mm redondeados y uniformes. Producidos en un manto nivoso con temperatura homogénea. Ofrecen estabilidad.

7. Granos redondos (●): cristales redondos y aislados de entre 0,5 y 3 mm. Producidos al aumentar la temperatura del manto hasta el punto de fusión. Con poca cohesión forman capas inestables.

8. Granos de caras planas (◊): pequeños granos de entre 0,3 y 0,5 mm con algunas facetas lisas o estriadas. Producidos en un manto nivoso con pequeña diferencia de temperatura entre capas. Ofrecen baja cohesión y capas inestables.

9. Cubiletes (▣): cristales gruesos de entre 0,5 y 5 mm con facetas estriadas o escalonadas y aristas. Producidos por diferencias de temperatura. Tienen muy poca cohesión y forman capas muy inestables.

10. Costras de rehelo (–): superficies uniformes de nieve fundida y rehelada. De gran cohesión, aunque pueden servir de plano de deslizamiento a capas superiores.



Clasificación de las capas de nieve por su densidad

• **Metamorfosis del manto nivoso**

El manto nivoso se transforma principalmente por factores térmicos. Si está compuesto de nieve seca y la superficie del manto está mucho más fría (-15°) que la base (0°) sufre metamorfosis de gradiente, lo que produce ciertos cristales. Si la diferencia es casi nula sufre metamorfosis de isoterminia, lo que produce otro tipo de cristales. Si el manto es de nieve húmeda sufre metamorfosis de fusión y produce cristales diferentes.

Tipos de metamorfosis:

• **Metamorfosis destructiva:** reduce a pequeños fragmentos los cristales iniciales debido al viento y al rodamiento de los mismos. Produce cristales cohesionados y capas compactas, aunque a veces no se fijan a la capa subyacente y son inestables (placas de viento a sotavento).

• **Metamorfosis de gradiente térmico o constructiva:** la temperatura en superficie del manto nivoso es fría y aumenta según profundizamos hasta alcanzar los 0°C en su base debido al flujo geotérmico. Esto produce una ascensión muy lenta de aire cálido y parte del vapor de agua que lleva se congela en

torno a los cristales, lo que forma facetas y escalones y a su vez produce granos de caras planas y cubiletes que inestabilizan el manto en las capas más bajas (común en caras Norte).

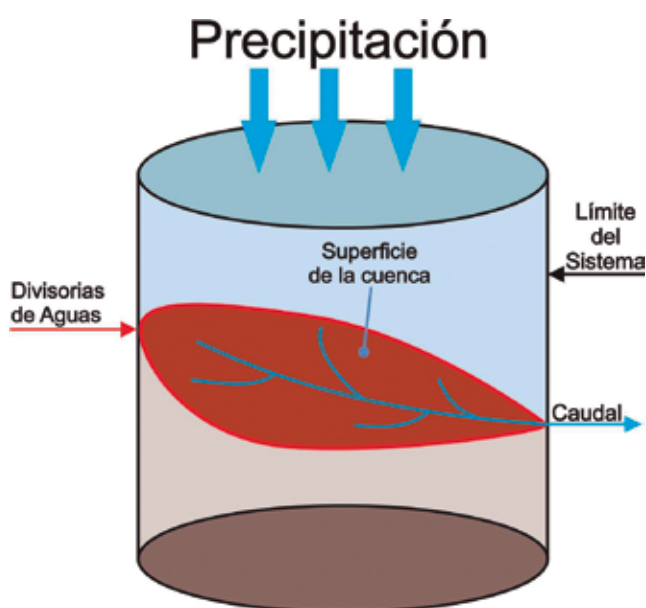
• **Metamorfosis de isoterma:** se produce cuando en el manto nivoso hay débil gradiente de temperatura entre capas, o incluso isoterma. Aun así se rompen las ramificaciones de los cristales produciendo granos finos más o menos redondeados que van aumentando en tamaño. Estos granos se van aglutinando y uniendo y el manto gana en estabilidad.

• **Metamorfosis de fusión:** el agua líquida de lluvia o derretimiento modifica los cristales y los redondea formando granos finos con una película líquida alrededor. Al helarse por las noches provocan una gran cohesión entre ellos y estabilidad. Con el calor del día esta cohesión desaparece y se inestabiliza la capa. Si el agua escurre a las capas bajas sin helarse puede inestabilizar todo el manto y provocar aludes de fondo (frecuente en primavera y caras Sur).

Balance hídrico

El balance hídrico en una cuenca o en una región determinada permite obtener información sobre el volumen anual de escurrimiento o excedentes, el período en el que se produce el excedente y por tanto, la infiltración o recarga del acuífero y el período en el que se produce un déficit de agua o sequía, además del cálculo de demanda de agua para riego en ese período. El establecimiento de un balance supone la medición de flujos de agua (caudales) y almacenamientos de la misma (niveles).

Se pueden establecer balances también de forma general que incluyan aguas superficiales y subterráneas y balances parciales de aguas superficiales solamente o de un acuífero o del agua del suelo, etcétera.



Modelo simplificado de una cuenca hidrológica

Diseño hidrológico

La hidrología es una ciencia que trata los fenómenos naturales involucrados en el ciclo hidrológico. El diseño hidrológico busca interpretar y cuantificar esos fenómenos con el fin de proporcionar

un soporte a estudios, proyectos y obras de ingeniería hidráulica, de infraestructura y de medio ambiente. El desarrollo de la tecnología digital ha permitido a la hidrología alcanzar altos niveles de confiabilidad y consecuentemente convertirse en un elemento clave en múltiples estudios y proyectos relacionados con el uso, manejo y control del agua.

Algunas de las múltiples aplicaciones globales del diseño hidrológico relacionados con el control y uso del agua son:

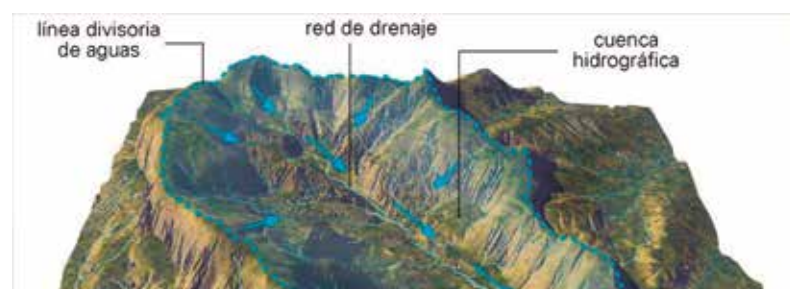
- Diseño de obras hidráulicas.
- Dimensionado de embalses y sus estructuras.
- Estudios de impacto ambiental.
- Diseño de desagües pluviales urbanos.
- Diseño de estructuras viales (puentes, alcantarillas, etcétera).
- Estudios de áreas inundables y riesgo de inundaciones.
- Estudios de las crecientes.
- Estudios de disponibilidad hídrica y de sequías.
- Pronósticos de escurrimientos en cuencas nivales y pluviales.
- Pronósticos hidrológicos en tiempo real y sistemas de alerta temprana de crecientes.
- Estudios de transporte de sedimentos.

El diseño hidrológico tiene como objetivo la recolección de datos, su análisis y procesamiento posterior por medios matemáticos o estadísticos para transformar los datos en información confiable que permita obtener la solución a problemas de ingeniería.

La cuenca y sus características geomorfológicas

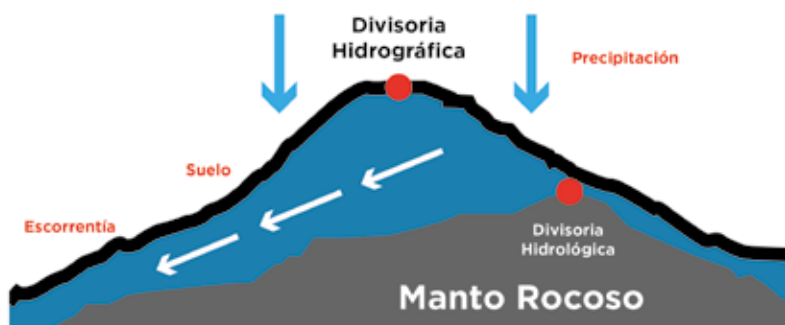
La cuenca hidrográfica es un sistema que presenta como principal entrada la precipitación y como salidas el caudal, la evapotranspiración, el flujo subsuperficial y la percolación. Las tres últimas son salidas que tienen poco valor en el marco de una creciente súbita, pero son importantes en relación al flujo base y en la consideración de modelos de simulación.

Una cuenca hidrográfica se encuentra definida por una línea topográfica que divide la dirección de los cursos de agua que no necesariamente confluyen y por un punto de salida o control de la escorrentía superficial.



Características de una cuenca hidrográfica

Aparte de la divisoria topográfica o superficial existe la divisoria freática o subterránea. Esta última establece los límites de los cuerpos de agua subterránea de donde se deriva el caudal base de la misma cuenca. Las dos divisorias difícilmente coinciden. La divisoria freática varía con la posición del nivel freático. Se acostumbra definir el área de drenaje de una cuenca de acuerdo con su divisoria topográfica. A esta última se la suele denominar cuenca hidrológica.



División hidrográfica e hidrológica de una cuenca

Red de drenaje

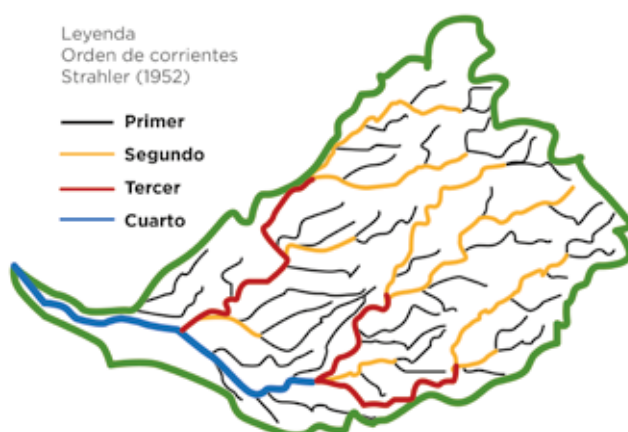
La red de drenaje está constituida por el río principal y sus tributarios.



Partes de un curso fluvial

Orden de la red de drenaje

Refleja el grado de ramificación o bifurcación dentro de una red de drenaje. Puede determinarse de acuerdo a criterios expuestos por diferentes autores.



Clasificación de una red de drenaje según Horton-Strahler

Parámetros geomorfológicos básicos

Los parámetros geomorfológicos básicos para establecer una afinidad hidrológica entre cuencas comparables son: área, perímetro, altura máxima, mínima y desnivel, índice de compacidad, radio de elongación, altitud media, longitud del cauce principal, pendiente media del cauce principal, pendiente, pendiente media total o pendiente neta total, coeficiente de masividad o de Martone y coeficiente orográfico.

Área de la cuenca: superficie cubierta por la cuenca teniendo en cuenta sus variaciones de altimetría.

Perímetro: es el contorno que circunscribe o delimita el área cuenca.

Altura máxima, mínima y desnivel: la altura máxima se obtiene por lectura directa en las planimetrías de la cota del cerro de mayor altura ubicado dentro de la cuenca o en su contorno. La altura mínima se determina en correspondencia con la cota del cauce principal en la sección de control. El desnivel corresponde a la diferencia entre la altura máxima y la altura mínima.

Índice de compacidad: la forma de la cuenca tiene una gran influencia sobre la configuración de la resultante de una lluvia dada. El índice utilizado para representar esta característica es el coeficiente de compacidad de Gravelius o simplemente, índice de compacidad y que es igual a la relación entre el perímetro de la cuenca (P) y el perímetro de un círculo de igual área.

Altitud media: dado que la precipitación es básicamente el resultado del ascenso y enfriamiento de masas de aire existe generalmente una correlación entre la misma y la altitud media en cuencas de zonas montañosas. En consecuencia, la elevación media de una cuenca sobre el nivel del mar es un indicador general de las cantidades de precipitación.

Características del cauce principal: otro de los factores que resulta representativo del comportamiento hidrológico de una cuenca es aquél que se relaciona con las características del cauce principal de la misma.

- Longitud del cauce principal. Se determina por medición directa de la longitud del cauce más importante de cada cuenca. En la elección de dicho cauce se tiene en cuenta en cada caso, tanto la longitud del mismo, como su desnivel y se busca siempre el curso que presenta, en lo posible, el máximo para ambos valores.
- Pendiente media del cauce principal. Se calcula directamente por la media aritmética considerando las elevaciones extremas del cauce principal.

Pendiente general del terreno: la pendiente general del terreno de la cuenca constituye otro de los factores cuya consideración puede resultar de sumo interés, ya que indica, por una parte, en qué grado deben ascender las masas de aire en su desplazamiento sobre la cuenca y por otra parte influencia la forma en la que el agua, ya precipitada, se dirige hacia una sección de control determinada. La pendiente del terreno natural tiene una relación directa con la velocidad del escurrimiento sobre la cuenca.

HIDROGEOLOGÍA DE LAS CUENCAS MENDOCINAS



IRRIGACIÓN

Departamento General
de Irrigación

Las cuencas hidrográficas permiten una verdadera integración entre la sociedad y el territorio a través del recurso agua. Para contextualizar el ambicioso proyecto que se lleva a cabo desde el DGI con el objeto de conocer detalladamente los recursos hídricos de la provincia de Mendoza, es que describimos las características de las cuencas que los conforman.

Contexto hidrogeológico general de Mendoza

La provincia de Mendoza se encuentra ubicada en el Centro-Oeste de la República Argentina a una latitud entre los 32° y 34° Sur y abarca una porción del macizo andino hasta los terrenos llanos, linderos con las provincias de San Luis y La Pampa. Hacia el Este, limita con el Río Desaguadero. Al Norte divide el territorio de la provincia de San Juan la divisoria de aguas del Río Mendoza hacia el Oeste y el Río San Juan hacia el Noreste. En el Sur colinda con la provincia de Neuquén y la separa de su territorio los Ríos Barrancas, Grande y Colorado. En el presente manual sólo se describen los ríos administrados por el Departamento General de Irrigación.

Nuestra provincia forma parte de la cuenca del Río Colorado, ya que es atravesada de Norte a Sur por los ríos Mendoza, Tunuyán, Diamante, Atuel, Malargüe y Grande. Estos cuatro forman parte del sistema hidrográfico andino que abarca una apreciable extensión del Oeste árido del país. Excepto el último, que posee régimen endorreico, los demás vierten sus aguas al Sistema Desaguadero-Colorado.



Los ríos mendocinos

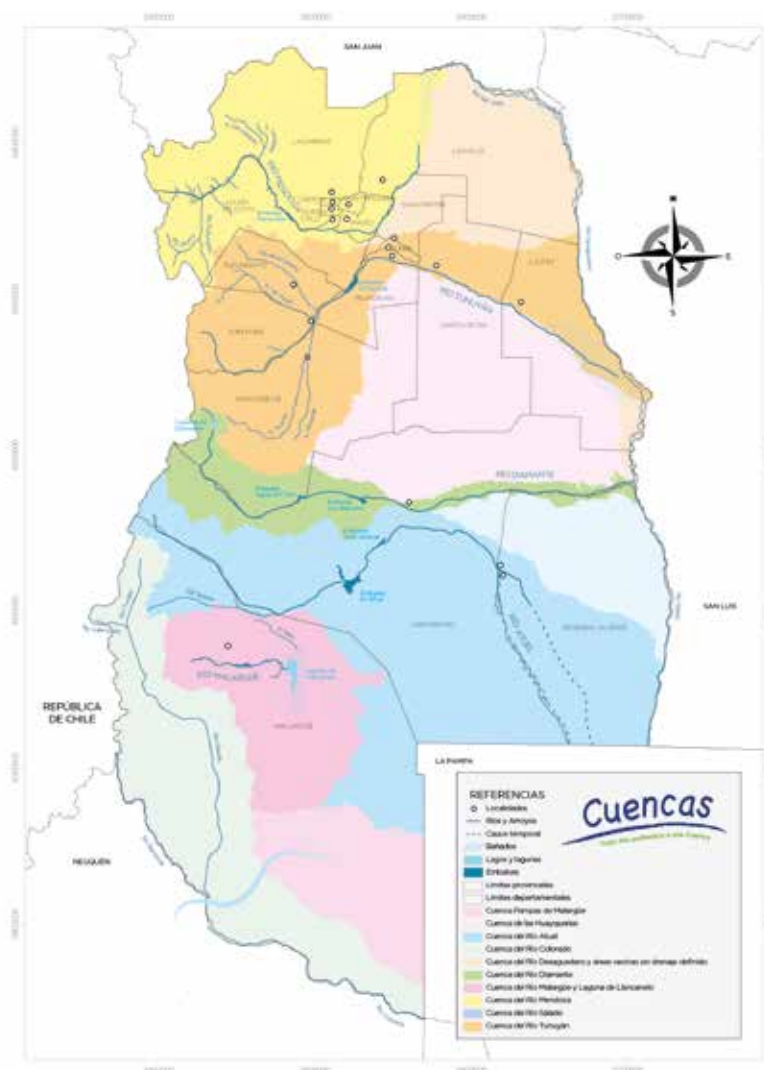
Todos ellos tienen un régimen hídrico estacional de neto origen termomival. Ello significa que su escurrimiento depende, casi exclusivamente, de las precipitaciones depositadas en la cordillera durante la época invernal aportadas por los vientos húmedos provenientes del Océano Pacífico, los que luego se funden hacia la primavera y verano aumentando sus caudales al llegar al llano. Los aporte pluviales son prácticamente insignificantes en relación al **módulo** de los ríos con excepción del Malargüe que posee un aporte significativo de las lluvias y nevadas en zonas bajas durante el invierno. Esto se debe a que su cuenca inicial se encuentra a menor altitud y por ello recibe mayor aporte de la humedad del Océano Atlántico.

Es importante mencionar que en la provincia de Mendoza los oasis bajo riego ocupan sólo el 3,4% de la superficie y en ellos se concentra la mayor parte de la actividad económica y humana. El oasis Norte es el más importante y está formado por las cuencas de los ríos Mendoza y Tunuyán Inferior. Mendoza es la provincia con mayor superficie irrigada del país y representa el 25% del total nacional.



El módulo es la media aritmética de los caudales observados en un período determinado, por lo general, en un lapso mínimo de 30 años. Módulo y caudal medio son sinónimos.

Caracterización general de nuestras cuencas



Río Mapa

Río Mendoza

El área perteneciente al río Mendoza limita al Sur con la cuenca del río Tunuyán, al Oeste con la cordillera de los Andes, al Este con la llanura desértica y al Norte con la cuenca del río San Juan. Ocupa una superficie total de 19.553 km² y comprende las siguientes subcuencas: alta montaña, precordilleranas, pedemontanas, microcuencas urbanas y rurales, de aportación temporal con riesgo aluvional, de aprovechamiento, cerradas y de secano.

Desde el punto de vista de la división política, la cuenca del río Mendoza comprende los departamentos de Capital, Godoy Cruz, Guaymallén, Maipú, Las Heras, Luján de Cuyo y parcialmente San Martín.



Oasis Río Mendoza

a. Geomorfología

En la cuenca del río Mendoza la altitud varía desde los 600 m sobre el nivel del mar en el Este, hasta alturas superiores a los 6.000 metros en la frontera con la República de Chile.

b. Glaciares

Debido a las condiciones semiáridas de la región, las actividades económicas son altamente dependientes de la disponibilidad hídrica producida por la fusión de la nieve y del hielo de los glaciares ubicados en las zonas altas de la cordillera. La escasez de precipitaciones níveas durante los últimos 40 años ha aumentado la importancia de las contribuciones que hacen los glaciares al escurrimiento superficial de los ríos. Debido a este fenómeno, la superficie cubierta por glaciares ha presentado desde principios del siglo XX una importante retracción.

c. Hidrología

El río Mendoza nace en la cordillera de los Andes, al Noroeste de la provincia y recorre unos 273 km, desde la confluencia de los ríos Vacas, Cuevas y Tupungato (que constituyen sus principales afluentes), hasta las Lagunas del Rosario en su límite Norte. Se encuentra conformado por dos tipos de subcuencas: generadoras de caudales y de **uso consuntivo**. Las primeras corresponden a

El uso consuntivo (con consumo): es cuando el agua, una vez usada, no se devuelve al medio donde se ha captado o no se la devuelve de la misma manera que se ha extraído.

zonas altas y montañosas. Las segundas incluyen a las unidades de manejo, áreas bajo riego donde se aprovecha el agua. Allí se concentra el mayor porcentaje de las actividades productivas.

d. Climatología

El clima de la zona central de la cuenca es desértico: cálido moderado en la llanura, y templado en la zona precordillerana. Presenta precipitaciones inferiores al límite de sequía. Los factores determinantes del clima, la altitud respecto al nivel del mar y latitud geográfica, además de la lejanía al Océano Atlántico y la anteposición de la cordillera de los Andes a los vientos húmedos provenientes del Océano Pacífico, hacen que no exista atemperización de los parámetros meteorológicos y por lo tanto el clima es del tipo continental. Consecuencia de esto son las grandes variaciones estacionales de las condiciones atmosféricas.

Precipitaciones

El régimen de precipitaciones es el punto de partida para comprender la escasez hídrica que determina, en gran medida, la aridez de la zona y pone en valor la sistematización del recurso hídrico. En el ámbito de la cuenca del río Mendoza existen dos regímenes de precipitación: uno es del tipo **monzónico** en la zona baja que se extiende desde el límite Este de la cuenca hasta la localidad de Polvaredas. Allí las precipitaciones son fundamentalmente pluviales y a partir de esta localidad y hacia el Oeste se convierte a régimen mediterráneo con precipitación nival.

La precipitación pluvial es escasamente utilizada como complemento de riego agrícola, ya que su ocurrencia e intensidad responden al régimen monzónico. Sus valores aumentan de Este a Oeste y de Norte a Sur. En el límite Norte, próximo al límite con la provincia de San Juan, los registros medios anuales son de 90 mm. En la zona central, donde se concentra el oasis agrícola de la cuenca, la precipitación media anual promedio es de 224 mm. En la zona pedemontana la precipitación media anual varía entre los 217 mm (Cacheuta) a 272 mm (Potrerillos).

Es necesario considerar también la elevada evapotranspiración, entendida como la cantidad de agua expresada en mm/día, que es efectivamente evaporada desde la superficie del suelo y transpirada por la cubierta vegetal. Ésta se ve determinada por el régimen de temperatura, la humedad ambiente y la **heliofanía** que caracterizan a la zona, entre otros factores. La particular combinación de precipitaciones y evapotranspiración hace que prácticamente en todo el territorio provincial la agricultura sólo sea posible mediante la sistematización del riego.

Problemática pluvioaluvional

El fenómeno aluvional es generado por las intensas precipitaciones de verano de tipo convectivo que en pocos minutos producen importantes caudales. Estos caudales, según la magnitud de la tormenta, se tornan, por momentos y en distintos sectores, incontrollables.



Precipitación de tipo monzónico:

De clima tropical lluvioso. La Temperatura media es mayor 18 °C, no existe estación invernal y las precipitaciones son abundantes cuando la precipitación mínima en el mes más seco es superior a 60 mm.

Heliofanía: llamada a veces insolación o simplemente horas de sol.

•Heliofanía efectiva:

Es el período de tiempo (expresado en horas) durante el cual el lugar de observación ha recibido radiación solar directa (es decir, que no ha sido interceptada por obstáculos) y que ha sido, además, registrada por el instrumental de medición.

•Heliofanía teórica

astronómica: es el máximo período de tiempo (expresado en horas) durante el cual se podría recibir radiación solar directa, independientemente de las obstrucciones causadas por fenómenos meteorológicos o relieves topográficos, para un lugar y fecha determinados. Se utiliza para caracterizar una región en cuanto a la disponibilidad de energía solar para procesos como la fotosíntesis de las plantas, evapotranspiración, o generación fotovoltaica.



Consultar
www.aquabook.agua.gob.ar
para más información
sobre:

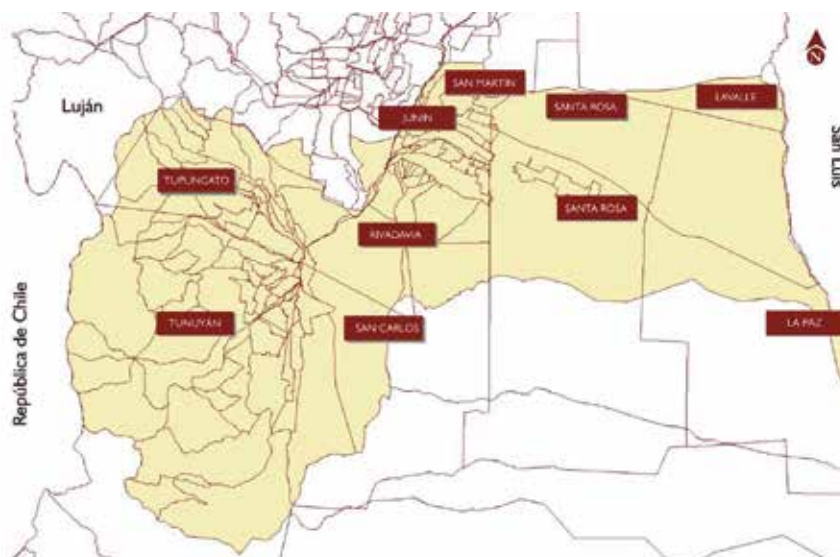
- Obras civiles de la cuenca del río Mendoza
- Características socio-económicas de la cuenca del río Mendoza.
- Actividades productivas en la cuenca del río Mendoza.
- Red de riego de

Río Tunuyán

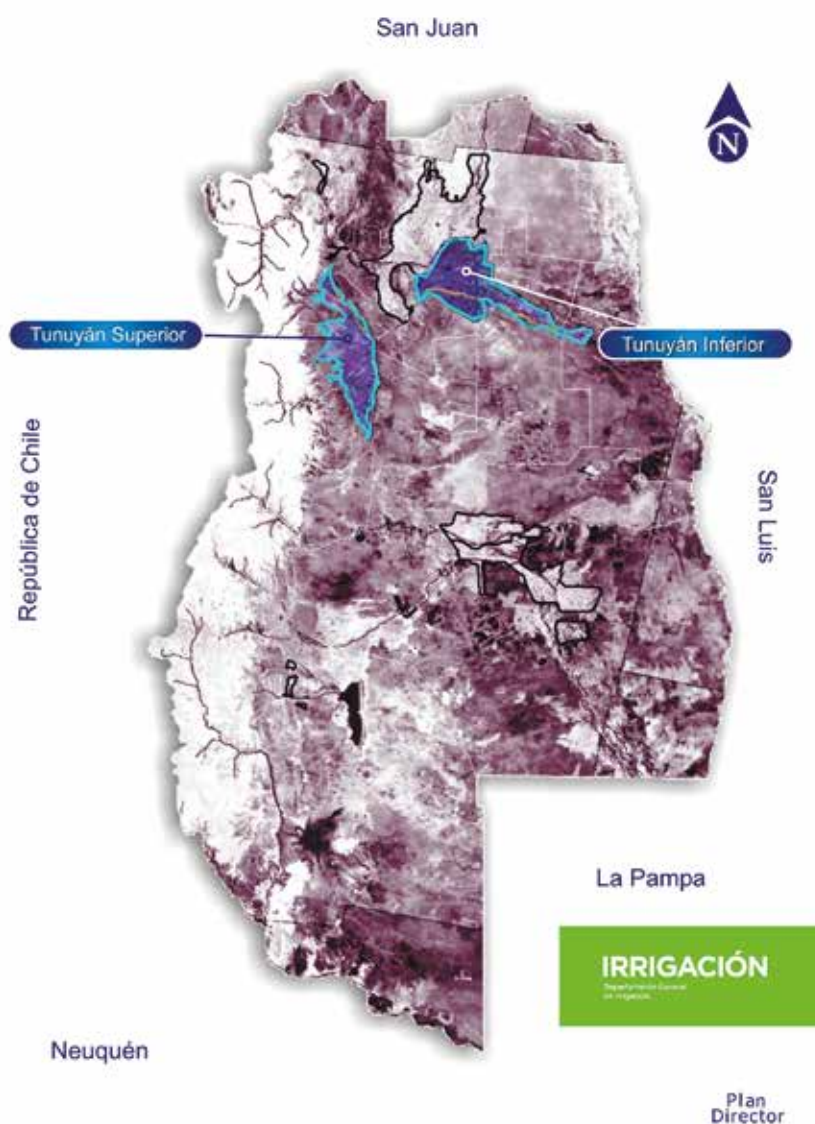
La cuenca perteneciente al río Tunuyán, abarca una superficie de 18.954 km², se encuentra en la zona Centro Norte y Centro de la provincia de Mendoza. El cauce de este río presenta un recorrido que nace en los glaciares de la cordillera principal en la vertiente Suroeste del Volcán Tupungato y atraviesa el Valle de Uco. Luego transpone la Sierra de las Huayquerías y se extingue en la travesía del Este mendocino llegando ocasionalmente al río Desaguadero.

La cuenca limita al Oeste con la cordillera principal que separa Argentina de Chile y se extiende a lo largo de 90 km, entre los 33° 20' (Cerro Tupungato) y 34° 00' (Cerro El Gorro) latitud Sur. Hacia el Norte limita con la cuenca del río Mendoza, al Este con el río Desaguadero y al Sur con la cuenca del río Diamante.

Este río da origen a dos oasis: Tunuyán Superior e Inferior. Ambos se encuentran bajo riego desde hace aproximadamente 200 años. El desarrollo de estos oasis trajo como consecuencia una división del uso del río que se completa a partir de la construcción del dique derivador Valle de Uco para el riego de las tierras altas y del dique derivador Gobernador Benegas para el de las zonas bajas. Además, en la década del sesenta también se construyó, entre ambas zonas, el presa embalse El Carrizal de 360 hm³ de capacidad para almacenar los caudales del oasis superior, sobre todo, con las crecidas de verano producidas por fusión nival. Esto último hace que también, desde el punto de vista de la infraestructura, se produzca una "división" del cauce principalmente por la presencia del embalse.



Cuenca del río Tunuyán



Cuenca del río Tunuyán Superior y Tunuyán Inferior



Cuenca del río Tunuyán Inferior



Cuenca del río Tunuyán Superior

a. Geomorfología

En la cuenca del río Tunuyán, la altitud varía desde los 600 msnm y en el Este alcanza alturas superiores a los 6.000 metros en la cordillera principal.

Las unidades morfoestructurales existentes pueden clasificarse de la siguiente manera: montañas altas (Cordillera principal y frontal), montañas medias (precordillera o sierra de Uspallata, montañas bajas (cerrillada pedemontana y huayquerías), planicies (cordilleranas, serranas y llanura oriental fluvioeólica, aluvial, fluvio lacustre postglacial y fluvioeólica postglacial) y depresiones (gran depresión central o de “Los Huarpes” del Norte o del “Mendoza-Tulumaya” y del valle longitudinal de Uspallata).

b. Hidrología

El río Tunuyán nace en la cordillera de los Andes, en los ventisqueros del volcán Tupungato y recorre alrededor de 370 km desde el río Palomares hasta el río Salado. Entre sus afluentes más importantes se encuentra el Palomares y los ríos Salinillas y Colorado. Además, los arroyos Aguanda, Yaucha, del Rosario, Alvarado, Manzano, Grande, Las Tunas, Santa Clara, Chupasangral, La Carrera y Anchayuyo.

Conforman el río Tunuyán dos tipos de subcuencas: generadoras de caudales y de uso consuntivo. Las primeras corresponden a zonas altas y montañosas. En las segundas se incluye a las unidades de manejo, áreas bajo riego donde se aprovecha el agua. Allí se concentra el mayor porcentaje de las actividades productivas.

c. Climatología

El clima característico de la cuenca del río Tunuyán es principalmente árido con precipitaciones inferiores al límite de sequía. Aún así, debe agregarse que la cuenca presenta tres zonas climáticas (húmeda, semiárida y árida). La zona húmeda corresponde básicamente a zonas bajo riego en el Valle de Uco, mientras que las otras dos zonas pertenecen al Tunuyán Inferior y se desplazan aguas abajo en sentido Oeste-Este.

Los factores determinantes del clima, la altitud respecto al nivel del mar y latitud geográfica, como así también la lejanía al Océano Atlántico y la anteposición de la cordillera de Los Andes a los vientos húmedos provenientes del océano Pacífico, hacen que no exista atemperización de los parámetros meteorológicos y en general el clima responda al tipo continental con las consideraciones antes mencionadas.

Precipitaciones

En esta cuenca existen dos regímenes de precipitación que varían de una estación a otra. Uno es netamente mediterráneo con precipitaciones importantes concentradas en los meses de invierno, característico de las zonas altas de la cuenca. El otro es del tipo monzónico donde las mayores precipitaciones se registran entre los meses de primavera y otoño.

En términos de precipitación media anual, la estación que presenta los registros más elevados en esta materia es San Carlos con 402,5 mm, mientras que los registros más bajos se producen en la estación Junín con 204 mm hacia el Este de la cuenca.

La precipitación media es 350,6 mm y presenta una tendencia ascendente desde la década del 60' con una tasa de incremento cada vez mayor que corresponde a 23 mm entre la década del 60' al 70' y de 66 mm entre la década del 80' y el 90'.

Problemática pluvioaluvional

En el tramo superior del río Tunuyán, el sistema de defensa aluvional se basa en los arroyos naturales. Esto sucede porque se aprovechan esos arroyos naturales como drenajes y colectores pluviales. Al mismo tiempo, se deben mantener dichos cauces en buen estado de mantenimiento y limpieza.

En caso de que las precipitaciones sean abundantes los cauces de distribución suelen sufrir importantes daños, ya que no están diseñados para evacuación de crecidas. En lo que respecta al tramo inferior del río (aunque allí se cuenta con algunos colectores aluvionales), estos reciben los aportes de toda la cuenca y resultan ineficientes para este propósito. Como se ha podido observar, la magnitud del fenómeno pluvioaluvional es muy importante en la cuenca y, por su parte, la problemática aluvional en el tramo inferior es similar en ambos márgenes del río: en la margen derecha, sobre el sistema de riego de



Consultar

www.aquabook.agua.gob.ar

para más información sobre:

- Obras civiles de la cuenca del río Tunuyán.
- Características socio-económicas de la cuenca del río Tunuyán.
- Actividades productivas en la cuenca del río Tunuyán.
- Red de riego de la cuenca del río Tunuyán.

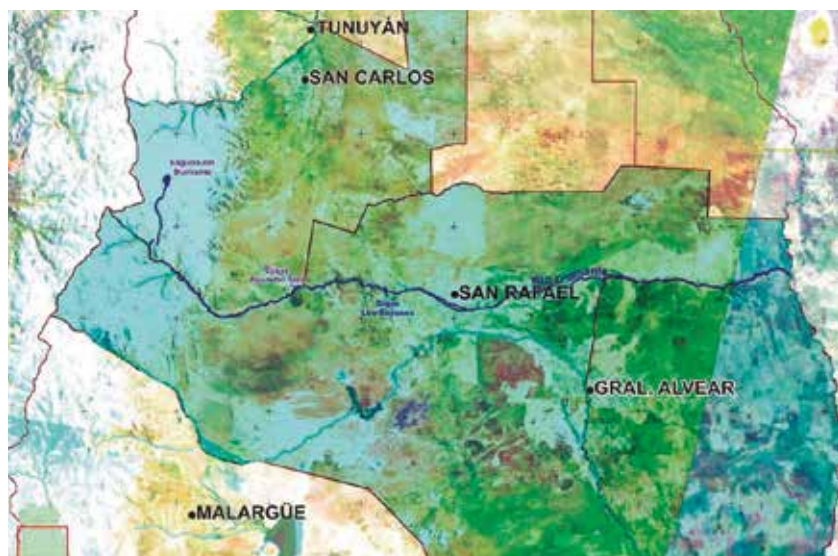
los canales Reducción y Los Andes y en la margen izquierda, sobre el sistema del canal Independencia. El frente formado por los canales Reducción y Los Andes (casi 38 km) es el que históricamente ha sufrido graves problemas de roturas, lo que a su vez, ocasiona problemas en la infraestructura.

En la margen izquierda, el problema pluvioaluvional se presenta en el canal Independencia, cuya principal característica es precisamente la de funcionar como colector aluvional. Esta situación se ve agravada cuando ingresa al canal Chimbass, que cruza la zona urbana y bajo riego de Palmira (departamento de San Martín), generando grandes inundaciones.

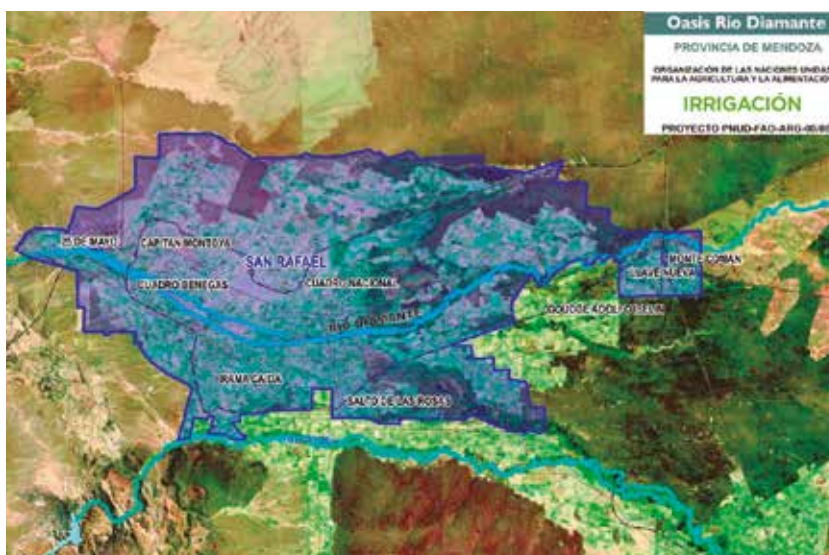
Río Diamante

El área perteneciente al río Diamante abarca una superficie aproximada de 12.523 km² en la zona Sur de la provincia de Mendoza. Nace en la Laguna del Diamante (Departamento San Carlos) y escurre hacia el Sur hasta recibir su principal afluente (Río Borbollón); luego desde allí se dirige hacia el Sudeste describiendo una amplia curva. Posteriormente ingresa al Departamento de San Rafael (a la altura de la Presa “Agua del Toro”) y prosigue su curso hacia el Noreste, pasa por el Sur de la ciudad de San Rafael, se dirige hacia el Este y desemboca ocasionalmente en el río Salado (límite con la provincia de San Luis).

La cuenca se encuentra comprendida, aproximadamente, entre las siguientes coordenadas geográficas: meridianos 70°03' a 68°34' de longitud Oeste y los paralelos 34°04' y 34°44' de latitud Sur. Limita al Oeste con la cordillera principal que separa Argentina de Chile. Hacia el Norte limita con la cuenca del río Tunuyán, al Este con el río Salado y al Sur con la cuenca del río Atuel.



Río Diamante



Oasis Río Diamante

a. Geomorfología

En la cuenca del río Diamante, la altitud varía desde los 600 msnm en el Este, hasta alturas superiores a los 5.000 msnm en la Cordillera Principal o límite con Chile.

Las unidades morfoestructurales existentes pueden clasificarse de la siguiente manera: Bloque Montañoso de la Sierra Pintada, Bajada Pedemontana (subdividida en dos ambientes geográficos: 25 de Mayo-Rincón del Atuel y Cerro Negro-Colonia Las Malvinas) y Llanura Sanrafaelina.

b. Hidrología

El río Diamante nace en la Laguna del Diamante, al pie del volcán Maipo (5.323 msnm) y recorre alrededor de 340 km hasta llegar ocasionalmente al río Salado, en el límite con la provincia de San Luis. Su principal tributario es el río Barroso, ubicado en la parte Sur de la parte superior de la cuenca y que posee un módulo inclusive mayor al del propio río Diamante.

Conforman el río Diamante dos tipos de subcuencas: generadoras de caudales y de uso consuntivo. Las primeras están formadas por las subcuencas de aportación permanente, de aportación temporal, de aportación temporal con riesgo aluvional, de secano y cerradas. Por su parte, las subcuencas de uso consuntivo incluyen a las unidades de manejo, áreas bajo riego donde se aprovecha el agua. Allí se concentra el mayor porcentaje de las actividades productivas.

c. Climatología

El clima de la cuenca es semiárido; con precipitaciones inferiores al límite de sequía. Los factores determinantes del clima son: altitud respecto al nivel del mar; latitud geográfica; la lejanía al Océano Atlántico; y anteposición de la cordillera de los Andes a los vientos húmedos provenientes del Océano Pacífico. Esto hace que no exista atemperización de los parámetros meteorológicos y por lo tanto el clima general sea de tipo continental. Consecuencia de esto, se registran grandes variaciones estacionales.

Precipitaciones

En el ámbito de la cuenca existen dos regímenes de precipitación: mediterráneo (precipitaciones concentradas en invierno) y monzónico (precipitaciones en primavera, verano y otoño). Dentro de las variables que definen que exista uno u otro tipo de régimen se pueden mencionar la latitud, la longitud y la altura de las estaciones meteorológicas.

El río Diamante y sus afluentes más importantes presentan régimen nival, ya que están alimentados fundamentalmente por precipitaciones provenientes del Océano Pacífico. También se observan variaciones de precipitación que están vinculadas con la altitud. En términos de precipitación media anual, los registros más elevados corresponden a la serie 1993-2001 de la estación Goico con 431,5 mm. La estación de La Jaula registra la menor precipitación media con 250,9 mm.

La precipitación media promedio de toda la cuenca es de 290 mm, mientras que en las zonas de aprovechamiento agrícola la precipitación se eleva a 365 mm. El análisis de la evolución de la precipitación indica una tendencia creciente de sus registros en todas las estaciones.

Problemática pluvioaluvional

La problemática aluvional de esta cuenca se inicia generalmente al pie de las lomas Los Coroneles y Divisadero extendiéndose hacia el naciente con pendiente moderada a elevada. Esta región se conoce también como Cono Aluvional del río Diamante. Su extensión territorial se limita a dos franjas: una situada sobre la margen izquierda del río Diamante que abarca las localidades de Capitán Montoya, Rincón Blanco, Cuadro Graciela y Colonia El Usillal, hasta la margen derecha del río seco de La Hedionda. La otra franja se sitúa sobre la margen Sur del río Diamante y bordea las localidades de Colonia Los Coroneles y Cuadro Benegas.

También destacan algunos sectores degradados por la erosión que afectan zonas cultivadas, lo que se puede apreciar en Colonia El Usillal, en el río seco La Nora y en los desagües de arroyos temporarios que descienden de la loma del Divisadero. Cabe mencionar que en esta última región se han efectuado diversos trabajos de contención de aluviones mediante un largo y profundo barranco artificial que desvía los torrentes esporádicos hacia el zanjón La Hedionda. Otro tanto ocurre en el Sur, donde las tareas de defensa realizadas desvían los aluviones hacia el río Diamante y el arroyo El Bote respectivamente.

La mayoría de los cauces secundarios del sistema de riego corren en sentido Norte-Sur, con lo cual se convierten en colectores de aguas pluviales que bajan del Oeste y provocan, de esta manera, deterioros en toda la red de riego, la que se encuentra superada en capacidad de conducción y sin defensas.

En cuanto a los colectores aluvionales originarios de subcuencas del piedemonte natural inculto se han dividido en sectores Norte y Sur para su mejor comprensión. En el Sector Norte destacan los colectores Bolsa de Piedra (Villa 25 de Mayo), Río Seco El Salado (costado Norte Dique Galileo Vitali), Defensa Socavón (al Oeste del canal del mismo nombre) y Zanjón La Nora (El Usillal). En el Sector Sur destacan los colectores Arroyo Seco Jarillal I y

II, Arroyo Pavón, Arroyo Seco Cámara y Los Inquilinos.

El impacto de la acción aluvional se manifiesta con los siguientes efectos: erosión y deterioro de los cauces interferidos, con aumento de sección, pérdida de velocidad y embanque; aporte de basura, plásticos y escombros por arrastre de la corriente aluvional. Al finalizar el aluvión, estos materiales permanecen, lo que dificulta la conducción y reduce la capacidad de funcionamiento del drenaje. Esto perjudica los cauces receptores que se cargan con caudales muy superiores a su capacidad provocando desbordes, descalces de obras, roturas de bordos y transferencia de basuras y otros elementos contaminantes a estos cauces de riego.

En forma resumida se puede decir que los problemas ocasionados por escurrimientos pluvialuvionales son muy variados: desbordamientos por falta de capacidad de cauces o de estructuras, daños a los cultivos y a la infraestructura de riego, arrastre y depósito de sedimentos en los tramos de baja pendiente; taponamiento de cauces, descargas torrenciales a canales de riego con la destrucción u obstrucción de estos, etcétera.

Río Atuel

El área perteneciente al río Atuel se encuentra ubicada en el extremo Sur de la provincia de Mendoza, con una superficie aproximada de 29.721 km². Los puntos extremos de la cuenca se encuentran situados entre los 34° y 35° de latitud Sur y entre los 67° 30' y 70° de longitud Oeste. Limita al Norte con la cuenca del río Diamante, al Sur con la cuenca del río Malargüe y parte de la cuenca del río Grande; al Oeste con la República de Chile y al Este con las provincias de San Luis y La Pampa.



Cuenca del río Atuel

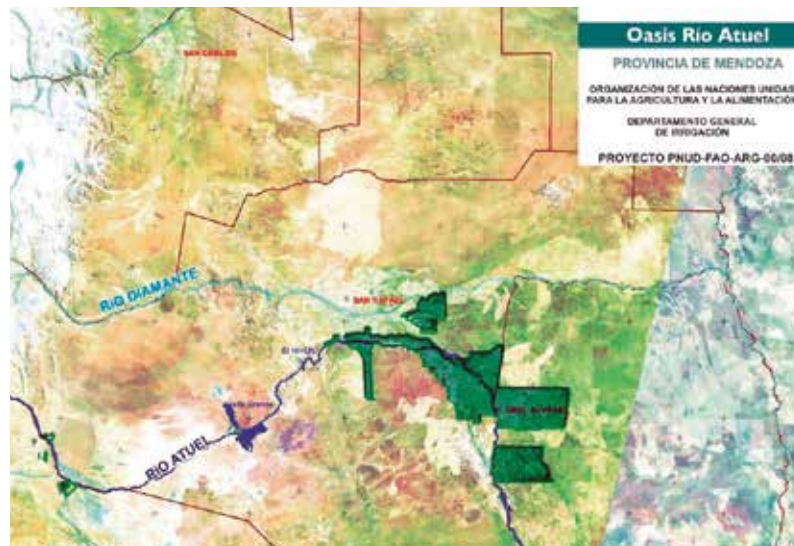


Consultar

www.aquabook.agua.gob.ar

para más información sobre:

- Obras civiles de la cuenca del río Diamante.
- Características socio-económicas de la cuenca del río Diamante.
- Actividades productivas en la cuenca del río Diamante.
- Red de riego de la cuenca del río Diamante.



Oasis del río Atuel

a. Geomorfología

La cuenca del río Atuel tiene un desarrollo predominante Oeste-Este en su tramo superior y medio, mientras que en el resto es Norte-Sur y atraviesa diferentes estadios geográficos, desde la cordillera de los Andes, con alturas que superan los 5.000 m.s.n.m, hasta el llano desértico de 400 m.s.n.m en su tramo final.

Se distinguen cuatro ambientes geomorfológicos que son compartidos por otras unidades provinciales: Cordillera de los Andes, Depresión de los Huarpes, Bloque San Rafael y Llanura Sanrafaelina.

b. Hidrología

El río Atuel tiene una longitud aproximada de 417 km, desde su nacimiento en los faldeos submeridionales del Paso de las Leñas (4.014 m) hasta llegar a la llanura desértica del Sur mendocino (400 m.s.n.m), donde se pierde por infiltración. Sus principales afluentes son los arroyos Las Lágrimas, Lechuza, Los Cisnes y Mallín Largo, entre otros.

Conforman el río Atuel dos tipos de subcuencas: generadoras de caudales y de uso consuntivo. Las primeras están formadas por las subcuencas de aportación permanente, de aportación temporal, de aportación temporal con riesgo aluvional, de aprovechamiento, cerradas y de secano. Por otra parte, las subcuencas de uso consuntivo incluyen a las unidades de manejo, es decir, áreas bajo riego donde se aprovecha el agua. Allí se concentra el mayor porcentaje de las actividades productivas.

c. Climatología

La cuenca del río Atuel incluye tres tipos climáticos: en el Oeste predomina el clima mendocino de altura (altas cumbres), en el Sur el clima estepario (valles profundos) y en el Centro y Norte el clima desértico (páramos). Los factores determinantes del clima de esta cuenca son: altitud respecto al nivel del mar, latitud geográfica, lejanía al océano Atlántico y anteposición de la cordillera de los Andes a los vientos húmedos provenientes del océano Pacífico. Esto hace que no exista atemperización de los parámetros meteorológicos y por lo tanto, el clima general es de

tipo continental, el que registra grandes variaciones estacionales de las condiciones atmosféricas.

Precipitaciones

La lluvia presenta régimen monzónico, ya que los porcentajes más importantes del total anual de precipitación se registran entre los meses de octubre y marzo. Los porcentajes observados en la cuenca y sus inmediaciones varían del 75% en Rama Caída a 64% en la estación Loma Negra, en la zona Centro Oeste de la cuenca.

El gradiente de precipitación disminuye de Oeste al Centro de la cuenca y desde este punto comienza un nuevo incremento hacia el Este, donde la influencia de la precipitación de la zona pampeana es apreciable.

En términos de precipitación media anual, los registros más elevados corresponden a la estación San Rafael con 304 mm, mientras que la estación de Loma Negra registra la menor precipitación media con 206 mm. El resto de las estaciones tienen registros comprendidos entre estas dos. La precipitación media anual promedio de toda la cuenca es de 255 mm elevándose a 386 mm en las zonas de aprovechamiento agrícola.

El análisis de la evolución de la precipitación indica que todas las estaciones presentan una tendencia creciente en sus registros.

Problemática pluvioaluvional

En el marco del análisis de la problemática pluvioaluvional debe mencionarse que el oasis irrigado de esta cuenca se encuentra comparativamente más alejado del pedemonte que las otras cuencas provinciales, por este motivo las influencias de las altas pendientes no se presentan de la misma manera.

La existencia de obras de regulación aguas arriba de la cuenca, como es el caso de El Nihuil y Valle Grande, excluye, en gran medida, la posibilidad de crecidas en la zona alta del río Atuel. Respecto de lo que sucede aguas abajo de Valle Grande suelen presentarse problemas debido a las tormentas convectivas típicas de la temporada estival, las que se traducen en crecidas con efectos potenciales considerables por la gran pendiente del terreno. Entre los principales cauces entre otros se destacan los de A° Seco La Frazada, A° Los Noques, A° Los Jilgueros entre otras.

En la zona central de la cuenca existe un territorio aluvional bien delimitado y constituido básicamente por tres subcuencas: Médano de Picardo, Las Malvinas Oeste y la correspondiente al río seco Las Tinajas, que confluyen al Sur de la localidad de Malvinas en campos de secano. Al Norte de esta localidad, hay una importante cuenca aluvional sobre el faldeo Noreste del cerro Negro, que descarga en el río Atuel, atravesando por debajo del canal Perrone, conocido como puente El Morado.

El río Atuel tiene un recorrido de Oeste a Este que abastece a los principales canales de riego de la zona cultivada, sin sectores con desbordes. Ya al Sur del último canal de riego, denominado San Pedro se presentan problemas por desbordes del cauce al ser zonas muy llanas, como en el caso de Paso de la Arena y Puesto Sáez que inundan campos ganaderos cuando los caudales superan los 70 m/s.



Consultar

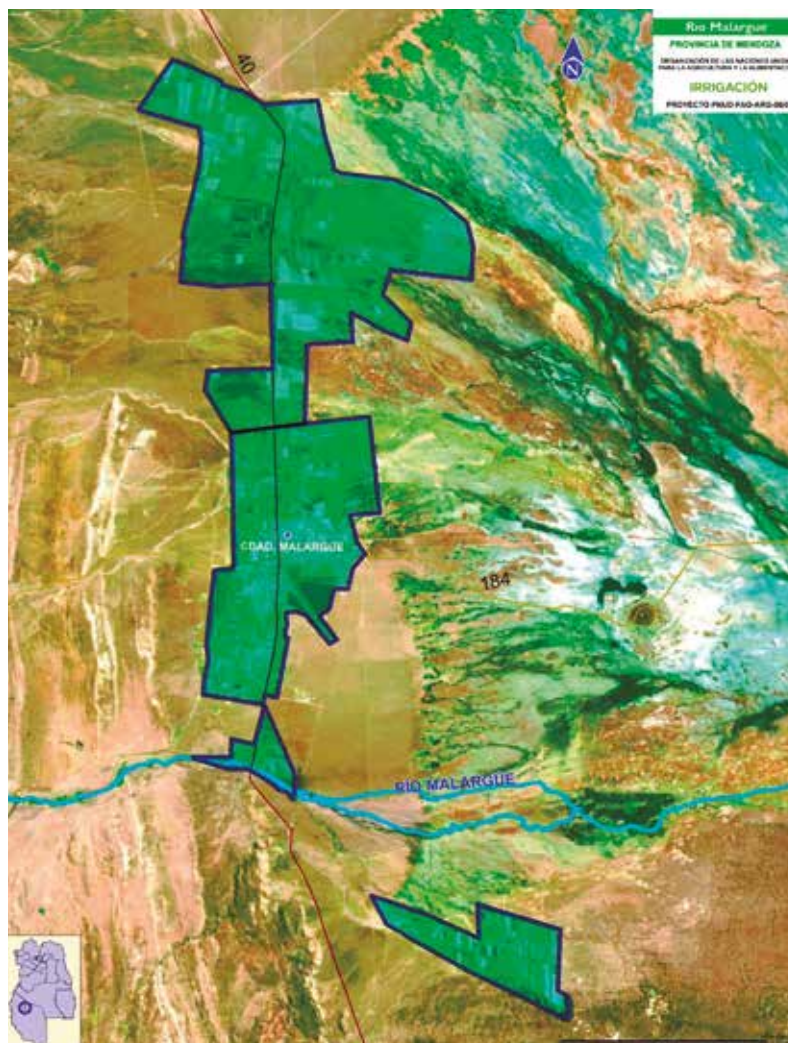
www.aquabook.agua.gob.ar
para más información sobre:

- Obras civiles de la cuenca del río Atuel.
- Características socio-económicas de la cuenca del río Atuel.
- Actividades productivas en la cuenca del río Atuel.
- Red de riego de la cuenca del río Atuel.

Río Malargüe

Este río limita al Sur con las cuencas del río Grande y río Colorado, al Oeste con la cordillera de los Andes, al Este con la provincia de La Pampa y al Norte con la cuenca del río Atuel. Ocupa una superficie total de 11.146 km² y comprende las siguientes subcuencas: aportación permanente, aportación temporal con riesgo aluvional, secano, cerradas y las unidades de manejo.

Desde el punto de vista de la división política, la cuenca del río Malargüe comprende el departamento de Malargüe y una pequeña porción del departamento de San Rafael.



Río Malargüe



Cuenca del río Malargüe

a. Geomorfología

La cuenca del río Malargüe se extiende desde las altas cumbres al Oeste, donde los picos llegan hasta 4.000 msnm en el extremo occidental, hasta la Laguna de Llancanelo, donde la altura promedio es de 1.300 msnm.

Dentro de la zona se distinguen tres ambientes geomorfológicos importantes: la Cordillera de los Andes, la Payunia y la Depresión de los Huarpes. La Cordillera de los Andes se extiende de Norte a Sur, ocupando todo el Oeste del departamento de Malargüe. La Payunia se caracteriza por no tener cursos de agua permanente, aunque sí algunas aguadas y vertientes que afloran en los sitios donde la topografía y la naturaleza del terreno lo permiten. La Depresión de los Huarpes corresponde al extremo meridional de la cuenca. En ella se concentra la mayor parte de la población y es la zona más apta para el desarrollo de actividades agrícolas.

b. Hidrología

El río Malargüe tiene una longitud aproximada de 73 km, desde su nacimiento en el río Torrecillas hasta la Laguna de Llancanelo, su límite Este. Entre sus principales afluentes se encuentra precisamente el citado río Torrecillas y los siguientes arroyos: Lagunitas, Agua Hedionda, los Terremotos, Negro, Arroyo Pincheira o de las Minas, El Suncho, Llano Grande y arroyo Loncoche.

Conforman el río Malargüe dos tipos de subcuencas: generadoras de caudales y de uso consuntivo. Las primeras están conformadas por las subcuencas de aportación permanente, de aportación temporal, de aportación temporal con riesgo aluvional, de secano y cerradas. En las segundas se incluye a las unidades de manejo, áreas bajo riego donde se aprovecha el agua. Allí se concentra el mayor porcentaje de las actividades productivas.



Consultar
www.aquabook.agua.gob.ar
para más información
sobre:

- Características socio-económicas de la cuenca del río Malargüe.
- Actividades productivas en la cuenca del río Malargüe.
- Red de riego de la cuenca del río Malargüe.

c. Climatología

En términos globales, el clima de la cuenca del río Malargüe puede considerarse como templado fresco. Por las temperaturas máximas medias se establece que el verano es variable entre el cálido y el fresco suave, mientras que por las mínimas medias es frío moderado, aunque con una estación invernal que en los meses de junio y julio alcanza el grado de frío intenso.

Las amplitudes térmicas son grandes, tanto diarias como anuales, a raíz de la continentalidad y la influencia del relieve. Por lo tanto, climatológicamente formaría parte del denominado clima norpatagónico.

Precipitaciones

El régimen de precipitaciones que alimentan al río Malargüe es pluvionival, situación que difiere de lo que sucede en otros ríos de la provincia donde los caudales sólo dependen de la fusión nival. Se identifican dos regímenes de precipitación: uno netamente mediterráneo, con precipitaciones níveas importantes concentradas en los meses de invierno característico de las zonas altas y otro de tipo monzónico, que registra los mayores aportes en verano. Asimismo, se observa una variación relacionada con la altura, la latitud y la ubicación. En términos generales, la precipitación pluvial media anual de la cuenca es de 263 mm.

Problemática pluvioaluvional

La problemática aluvional de esta cuenca se centraliza generalmente en épocas de verano, cuando el escurrimiento diario del río Malargüe es de gran volumen. Durante estos períodos, el agua que se deriva de algunos cauces aluvionales afecta al sistema de riego.

Los tramos más expuestos a este fenómeno son los canales unificados Centro y Norte. Por lo tanto, uno de los puntos críticos se localiza en la zona delimitada por los arroyos secos Pequenco y La Bebida. También la confluencia de estos al formar el arroyo El Durazno.

En cuanto a las tomas directas sobre el río, las crecidas navales o pluviales ponen en peligro la existencia de las mismas por su fácil erosión. Por su parte, el Canal Cañada Colorada y la mayoría de los cauces secundarios que corren en sentido Norte-Sur también se convierten en colectores aluvionales provocando de esta manera deterioros en la red de riego.

MIDO UN CAMBIO DE PARADIGMA



IRRIGACIÓN

Departamento General
de Irrigación

Con el objetivo de invertir la tensión oferta-demanda a partir de la cual se administra tradicionalmente el agua y generar un cambio de paradigma que contemple el requerimiento desde la finca a la fuente en una auténtica alianza entre Tierra, Agua y Producción, es que el DGI implementa el Sistema MIDO.

Se trata de una herramienta que a través de dispositivos tecnológicos permite la medición remota de magnitudes físicas y el posterior envío de la información hacia un servidor para su procesamiento.

MIDO releva datos como: caudales medidos en tiempo real en red primaria y secundaria, además de los entregados a plantas potabilizadoras y los existentes en proceso de depuración, parámetros de calidad, pluviometría de los oasis irrigados, humedad del suelo en propiedades piloto y evaluación de acuíferos y niveles de embalse. Estos datos serán los insumos utilizados para planificar y gestionar la distribución hídrica, ajustar el riego a los requerimientos de los cultivos y asegurar la participación pública para dar mayor transparencia al proceso de gestión hídrica.

Un poco de historia

Como se menciona al inicio de este manual, la medición de cauces proviene de larga data y en nuestra región es fundamental pues las condiciones geomorfológicas y climáticas determinan que el agua sea un recurso escaso. Desde que se inicia, la sistematización en la captación y distribución del agua trae aparejada la necesidad de medirla.

Uno de los métodos utilizados históricamente más estable y confiable es la medición de caudal por altura piezométrica en secciones de aforo. La visualización de los datos y su recolección se hacía mediante una persona que llevaba un registro de sus observaciones en planillas. Este método tenía el defecto que solo se podía conocer el estado en un instante de tiempo determinado. Si bien significó un avance en el conocimiento del régimen hídrico de los cauces, es insuficiente para un estudio pormenorizado.

Por este motivo, con el avance de la tecnología, se implementaron estaciones de recolección permanente de datos mediante la colocación de equipos registradores en puntos específicos de la red de afluentes y distribución de las cuencas principales.

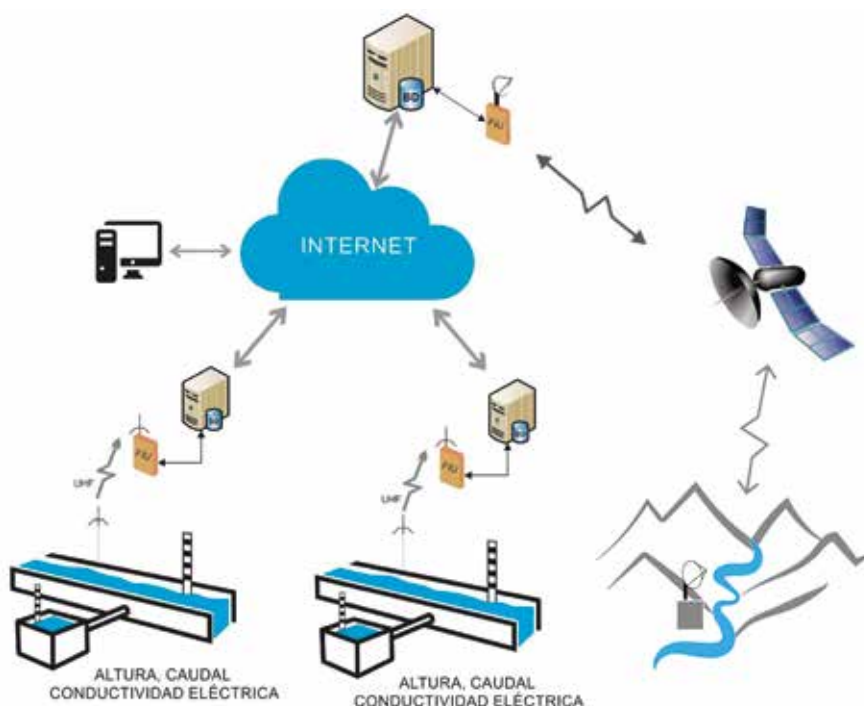
Estos instrumentos se colocaban en alojamientos que permitían obtener un acceso al nivel del agua en un punto dado y de esta manera observarlos y determinar el caudal. Esta medición era registrada en un medio que pudiera ser recogido, archivado y analizado posteriormente. A este tipo de equipos se los denomina limnógrafos. Como puede suponerse, el proceso permite llevar un registro mucho más preciso y continuo, pero no es útil para conocer el estado en tiempo real.

Por ello, es que en el año 1995 se inicia en el Departamento General de Irrigación un proyecto para modernizar la red de

medición a través de equipos electrónicos cuyos datos pudieran ser visualizados y registrados en forma remota, conformando un sistema de telemetría.

Desde 1997 el DGI ha ejecutado, operado y mantenido el Sistema de Información Hidronivometeorológico para la Provincia de Mendoza (SIH). Es parte de un extenso programa de mejoramiento de la gestión del recurso hídrico provincial atendiendo la necesidad de conocer la oferta hídrica con precisión y de disponer políticas eficientes. El mismo consiste en un sistema de telemedición de caudales en ríos, arroyos y canales de riego, como así también medición de parámetros nivometeorológicos en alta montaña. Se trata una serie de Estaciones Remotas (RTU) las cuales llevan sensores anexados y se reportan a lo que se denominan Estaciones Maestras, ubicadas una en cada Subdelegación de Aguas de las correspondientes cuencas de los ríos principales administrados por el DGI.

Las Estaciones Remotas son entidades autónomas. Su principal tarea es tomar la información de los sensores, integrarla y almacenarla en su memoria, el resto del sistema se encarga de pedirle a la RTU la última información integrada. La información adquirida por cada una de las Estaciones Remotas es transmitida a su base de adquisición, es decir, a su respectiva Estación Maestra. Cada RTU cuenta con una base de datos histórica capaz de almacenar información por hora durante 31 días. De esta forma cuando por algún motivo se pierde la comunicación es posible recuperarla luego en forma remota desde la Estación Maestra.



Esquema del Sistema Hidronivometeorológico del DGI

Este sistema proporciona un dato con una cierta frecuencia que puede ser programada. En el caso de las estaciones nivometeorológicas se obtiene un dato diario con los valores medios, máximos y mínimos registrados en ese periodo. En las estaciones remotas, el dato es recopilado cada una hora, con las mismas características.



Marco estratégico del Sistema MIDO

En concordancia con los lineamientos del Plan Agua 2020 y el Programa de Telemetría de nuestro organismo se implementa a partir del año 2014 el Sistema MIDO. Este posee una base de transmisión sobre las redes de telefonía celular que permite la transmisión de datos, además del desarrollo de un Controlador Lógico Programable (PLC) de diseño específico y desarrollo local.

Desde el Departamento General de Irrigación se percibe la falta de una rápida expansión del sistema de telemedición, sobre todo, si consideramos que se habían presentado una serie de años de crisis hídrica. De este modo, se toma la decisión de medir todos los cauces de distribución para poder gestionar el vital recurso y eficientizar su administración y uso. También se postulará como objetivo final, la operación en tiempo real, la visualización de datos por parte de los usuario y el archivo de datos de erogaciones para el sistema histórico de la medición de caudales.

Este nuevo sistema logrado por el Departamento General de Irrigación se basa en el convenio firmado en noviembre del 2013 con la Universidad Tecnológica Nacional Regional Mendoza y la Asociación de Cauce Quinta Zona Lavalle, lo que a su vez conformó un grupo de investigación para el desarrollo de nuevas tecnologías aplicadas a la medición de cauces.

A su vez, los equipos de adquisición de datos son diseñados, desarrollados y fabricados enteramente en República Argentina, lo que imprime fortalecimiento a la industria nacional. Es importante destacar que los costos manejados son menores a otros productos adquiridos en el exterior.

Posteriormente se pone en práctica el sistema obteniendo un resultado exitoso y en agosto de 2014 comienza a funcionar el primer punto de medición en el Dique Galigniana. Este punto transmite forma continua y por periodo de un minuto el estado de la altura del canal.

En este contexto el Departamento General de Irrigación encara un ambicioso plan de expansión. Con el objetivo de medir cada cuenca y reducir costos, implementa obras y provisión de equipos de telemetría con tecnología nacional.

Características de funcionamiento del sistema:

- Consta de un servidor con el aplicativo desarrollado con licencias de Software Libre Linux GNU, con la finalidad de recoger los datos provenientes de las estaciones ubicadas en cada canal o río. De esta manera se bajan los costos de licencia y mantenimiento del sistema, ya que el único costo incurrido es el hardware.
- EL PLC es de industria nacional, consta de tecnología actual y es verificado por la Universidad Tecnológica Regional Mendoza. Este es también usado por la CONAE (Comisión Nacional de Actividades Espaciales). Como ventaja fundamental posee un bajo costo a comparación de uno importado. Contiene entradas y salidas normalizadas como cualquier PLC del mercado, utilizando componentes

normalizados y aprobados por distintas normas. Por ejemplo: el módulo de comunicación GPRS cuenta con la aprobación de la CNC (Comisión Nacional de Comunicaciones).

- Los sensores de medición de nivel por ultrasonido también son de fabricación nacional. Estos poseen una resolución de un milímetro y transmiten los datos no solo mediante un lazo de corriente estandarizado de cuatro a veinte miliamperes, sino también en formato digital en modo Modbus (RS485), lo que evita la conversión analógica a digital. Al utilizar esta tecnología se pueden transmitir señales de hasta 32 sensores simultáneamente, sin incorporar al PLC ningún otro módulo, mientras se reducen significativamente los costos de instalación de un punto.
- El tablero eléctrico es armado e instalado por personal de la División de Proyectos Especiales Departamento General de Irrigación, lo que permite bajar considerablemente el tiempo de provisión y el costo. A su vez estos son controlados en forma aleatoria por la UTN (Universidad Tecnológica Nacional) para garantizar el funcionamiento correcto.
- El sistema de comunicación usado es GPRS. Se trata de un sistema utilizado también en telemetría por distintas empresas de provisión de servicios y seguimiento de unidades móviles. Este tiene un costo, aunque reduce aquellos otros de operación y mantenimiento de una red propia.
- Este nuevo sistema genera además, alarmas en tiempo real de SMS (Servicio de Mensajes Simples), e-mail (mensaje de correo electrónico) y APP Android. Todos estos datos, que llegan a cada responsable del sistema según sea la alarma o lugar en donde se genere, reduce considerablemente los tiempos de actuación ante los eventos.
- Muestra en tiempo real y hace públicos los datos a través de una página web y una aplicación para teléfonos celulares móviles, pudiendo observar el dato del momento o verificando los valores históricos de cada medición en un periodo de tiempo elegido.

PLAN AGUA 2020

Desde 2012 el Departamento General de Irrigación estableció como una exigencia insoslayable, la necesidad de elaborar un plan estratégico de los recursos hídricos de Mendoza: el 'Plan Agua 2020'. Este ambicioso proyecto tiene el fin de contribuir a obtener los máximos estándares posibles de eficacia, eficiencia, sustentabilidad, equidad, calidad y competitividad en la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) de la provincia.

Este concepto de GIRH, definido como un proceso que promueve el desarrollo y gestión del agua, en forma coordinada con la tierra y los recursos asociados, maximiza el resultante bienestar económico y social de manera equitativa sin comprometer la sostenibilidad de ecosistemas vitales. Al mismo tiempo exige trascender las consideraciones específicamente técnicas e incorporar las dimensiones humana, social, económica productiva y ambiental territorial. El objetivo es disponer de la base de conocimientos necesaria para la definición de una nueva



visión del “Sistema de Recursos Hídricos” y el establecimiento de políticas de administración de aguas de mediano y largo plazo.

Objetivo general

Desarrollar el “Plan Agua 2020” sobre la base de un diagnóstico estratégico y una apreciación de situación de futuro mediante escenarios prospectivos para determinar las capacidades organizacionales e identificar situaciones futuras de riesgo y oportunidad, a fin de obtener los siguientes objetivos:

- Definir una nueva visión del sistema “Recursos Hídricos de Mendoza al 2020”.
- Establecer y consolidar políticas de gestión de los recursos hídricos.
- Fijar objetivos e iniciativas estratégicas.
- Alinear la Gestión de largo plazo de los recursos hídricos con el Plan Estratégico de Desarrollo de la provincia (PED), y el Plan Estratégico Agroalimentario 2 (PEA 2).
- Fortalecer al Departamento General de Irrigación (DGI), como un medio principal que apoya el desarrollo socioeconómico sustentable en la Provincia.

Programa de Telemetría

Enmarcado en el “Plan Agua 2020” se ubica el programa de telemetría que consiste en un conjunto de proyectos asociados a un fin común: la obtención del dato para facilitar la toma de decisiones y la gestión en la distribución por intermedio de la aplicación de tecnología.

Los proyectos que se están desarrollando en el programa son los siguientes:

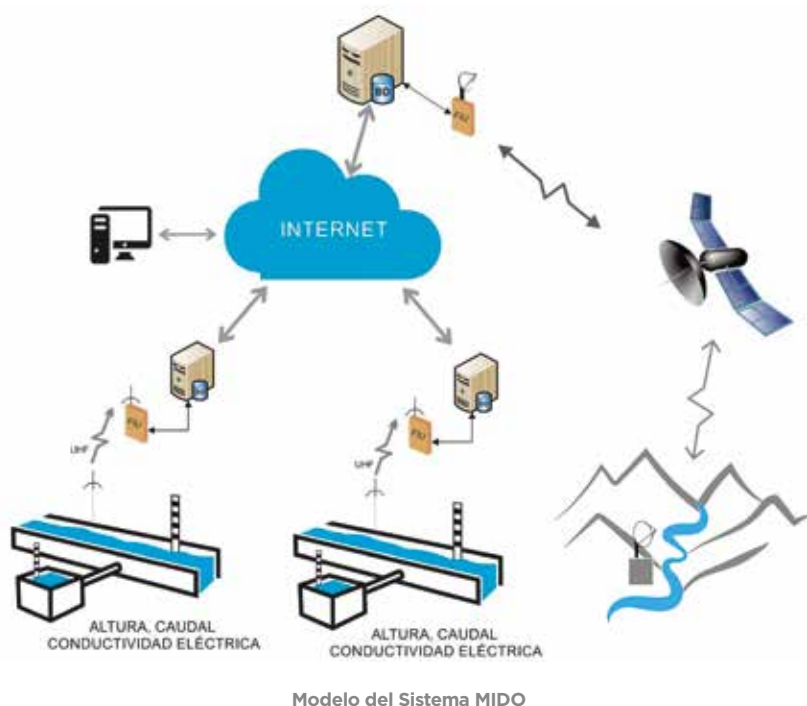
- La medición de la altura de los caudales en canales abiertos con el objeto de suministrar los datos a la Dirección de Gestión Hídrica para que el Departamento de Hidrología realice el cálculo de la curva de oferta de agua superficial.
- El automatismo de diques mediante la modernización motora y cableado para una operación más eficiente.
- La instalación de estaciones meteorológicas con el objeto de obtener datos climatológicos de cada zona y así estimar las precipitaciones en cada región agrícola.
- La instalación de sensores por inserción en boca de pozo para determinar la calidad de los acuíferos.
- La fabricación de cámaras aforadoras con sensores para medir el punto de vuelco en industrias (tanto caudal como conductividad) y así determinar parámetros físico-químicos.
- La instalación de sensores de humedad para determinar por zonas las necesidades de agua por cultivo.

¿Cómo funciona MIDO?

A partir de la información que toman los sensores ubicados en los distintos sitios de la red hídrica se transfiere, a través de las redes de telefonía celular, datos que luego, mediante internet, viajan a los

servidores de cómputo del DGI. Posteriormente, se crea una base de datos que permite a los usuarios contar con la información del estado actual del sistema y con los registros históricos de toda esta información.

Existe una variedad de dispositivos que mediante medición electrónica convierten una variable física o química en una señal electrónica. Esta es transferida a un pequeño procesador de datos o Controlador Lógico Programable (PLC) que se encarga de almacenar estos datos durante un tiempo y transmitirlos minuto a minuto, mediante un dispositivo que lo vincula a la red celular por un sistema de comunicación denominado GPRS, a los servidores.



Con MIDO se recrea un mapa hidrometeorológico en tiempo real de la provincia de Mendoza.

Esta periodicidad en la medición permite, además de reducir costos y tiempos en el mantenimiento del sistema e incorporar un beneficio para el usuario y regantes del medio.

El sistema está implementado mediante el uso de software de código abierto. Esto significa que el mismo es de uso público y no tiene un costo de adquisición por lo que el DGI no queda ligado a un proveedor, ya que la herramienta ha sido concebida como propiedad de la institución. Esto, a su vez, permite una reducción de gastos de implementación y el desarrollo de los programas en forma local como un proceso de inversión tecnológica en la región. Los equipos que obtienen los datos también son diseñados, desarrollados y fabricados íntegramente en nuestro país fortaleciendo la industria nacional.

MIDO (Modelo de Indicadores de Distribución Operativa) se fundamenta en un sistema de telemedición de parámetros fisicoquímicos. Estos parámetros son relevados por distintos tipos de sensores que se encargan de generar una señal electrónica que guarda una estricta relación con la variable medida. Esta



El término telemetría procede de las palabras griegas τηλε (tele), que quiere decir a distancia, y μετρον (metron), que quiere decir medida.

señal es enviada a un centro de control donde es almacenada y posteriormente procesada para su uso. A esta configuración se le denomina **Sistema telemétrico o Telemetría**.

El envío de información hacia el operador en un sistema de telemetría se realiza, por lo general, mediante comunicación inalámbrica, aunque también se puede realizar por otros medios (teléfono, redes de ordenadores, enlace de fibra óptica, etcétera). Muchos sistemas de telemetría modernos aprovechan el bajo costo y la ubicuidad de las redes GSM mediante SMS para recibir y transmitir datos.

¿Qué datos arroja MIDO?

Con MIDO Cauce puede consultarse el caudal de un punto de un río o canal ingresando a la cuenca que este pertenece mediante sistema de visualización, Internet o la App. Luego se elige allí el nodo (un punto de medición y control de cauces dentro de la red de Riego) que se desee conocer en particular. La aplicación muestra el nombre del nodo, el caudal, el nivel del curso de agua en relación a una escala de referencia y su ubicación geolocalizada en el mapa. Por otro lado, también se puede conocer información adicional relacionada a las subdelegaciones, a las asociaciones e Inspecciones de Cauce como su dirección, datos y mapa para llegar hasta ellas.

MIDO Lluvia permite visualizar la precipitación acumulada detectada en aquellos puntos que cuentan con pluviómetros dentro de la red de estaciones de monitoreo del DGI. En el caso de desarrollarse el evento meteorológico durante la consulta se podrá visualizar la altura equivalente expresada en milímetros acumulada sobre una superficie de 1 metro cuadrado hasta el momento de la consulta.

De manera análoga MIDO Suelo muestra la humedad contenida en el suelo a la profundidad a la que se encuentre ubicado el sensor. Estos datos le permiten a los especialistas determinar la forma en que el agua precipitada por la lluvia, o bien la utilizada por los sistemas de riego en el punto de muestra, representa la cantidad de la misma que es incorporada al suelo en una determinada región.



Se incluyen en este capítulo los Sistemas MIDO actualmente implementados y sus mediciones asociadas:

MIDO Nieve: cantidad de agua que contienen las precipitaciones níveas acumuladas.

MIDO Cauce: involucra el caudal de ríos, arroyos, canales abiertos e hijuelas, evaluación de nivel o cota de embalses y **nivel piezométrico** en perforaciones para extracción de agua subterránea.

MIDO Suelo: humedad del suelo.

MIDO Lluvia: caudal pluviométrico e incidencia en la humedad del suelo.

Proyectos complementarios en etapa de implementación:

MIDO Calidad: Plantas Potabilizadoras, Plantas Depuradoras, Vuelcos industriales.

Nivel piezométrico: En geología se ha definido el concepto de nivel piezométrico como la altura de la superficie libre de agua sobre el nivel del mar en los acuíferos libres. En los confinados, es la altura que alcanzaría el agua en el interior de un sondeo hasta equilibrarse con la presión atmosférica.



Carreras Nivométricas:

En estos puntos se llevan a cabo diversas tareas tendientes a identificar, medir y determinar la cantidad y calidad de la nieve o hielo presentes. Estos son los denominados Cateos y Calicatas.

Tubos de cateo: tubos apilables de un metro de largo, con un trépano en un extremo y una manilla en el otro.

MIDO Nieve

La importancia de la precipitación nívica radica en su contenido de agua que será la que luego infiltrará o escurrirá hacia los acuíferos y ríos. Este valioso recurso es el que, desde los primeros habitantes, los mendocinos encauzan a fin de dotar de fertilidad nuestras tierras. Por ello esta medición es la primera iniciativa que da pie a todo el sistema de telemetría y sus mediciones asociadas.

Medición de la cantidad de nieve o equivalente de agua nieve

Resulta de suma importancia determinar el contenido de agua en la nieve precipitada y el hielo formado. A este parámetro se lo denomina Equivalente de Agua en la Nieve o EAN. La nieve, al igual que el hielo, es menos densa que el agua, por lo tanto su volumen es mayor que el que ocuparía el agua en su estado líquido para un mismo peso.

Para tener una referencia precisa, que sea representativa de una cuenca o parte de ella, se requiere una adecuada elección del sitio a relevar. Un equipo de especialistas elige un lugar representativo y seguro. Este tiene que tener una pendiente relativamente baja, estar en un lugar más o menos abierto a los vientos que aportan precipitaciones y a una altura que mantenga las mismas en forma sólida durante la época invernal.

A estos sitios se les denomina **Carreras Nivométricas** y están identificados para regresar año tras año a realizar las mediciones y poder establecer parámetros comparables y determinar correlaciones estadísticas de escurrimiento del agua.

Cateos de nieve

Se realizan mediante el uso de sondas especiales calibradas o **tubos de cateo** que se introducen verticalmente y van hasta el suelo, intuyendo las capas blandas o deslizantes y midiendo el espesor total del manto nivoso.

- Luego se extrae el tubo con la muestra de nieve, lentamente y se mide la longitud del núcleo nivoso en su interior (ya que tiende a compactarse).
- Se verifica que se haya llegado al suelo verificando la presencia de tierra o barro en el extremo.
- Se toman las temperaturas del núcleo y del suelo.
- Se quitan todas las impurezas de tierra y se pesa el tubo con y sin nieve lo que permite establecer el espesor y la densidad de la nieve, que determina su EAN.



Cateo de nieve



Pesaje del núcleo de nieve

Calicatas o perfil estratigráfico

Mientras se va cavando una zanja en la nieve deben anotarse en el impreso de “perfil” los siguientes parámetros de la pared en sombra de cada estrato:

- Temperatura del aire a 1,5 m de alto.
- Temperatura de la superficie nivosa.
- Temperatura del estrato.
- Espesor en cm.
- Dureza del 1 al 5 (puño, dedos, dedo, lápiz, navaja).
- Humedad del 1 al 5 (no hace bolas, guante seco, húmedo, mojado, escurre agua).
- Densidad (pesando una muestra).
- Forma y dimensiones de los cristales (placa muestra).

Con los datos recopilados en el perfil estratigráfico se elaboran tablas y gráficos que nos proporcionan información sobre la densidad de las diversas capas de nieve y sus características.



Realización del perfil vertical



Determinación de las capas de nieve



Toma de muestra de las capas de nieve



Toma de muestra de las capas de nieve

Interpretación del perfil de nieve

- Se estudia la distribución de estratos, espesor y tipo de cristal.
- Si la resistencia aumenta hacia el fondo, nos indicará estabilidad.
- La dureza de cada estrato nos proporciona una idea de su cohesión.
- La humedad y temperatura nos aportan información sobre qué tipo de metamorfosis puede estar ocurriendo.
- Con estos datos se hace una valoración de su posible evolución en función del tiempo meteorológico previsto.

Estaciones nivometeorológicas

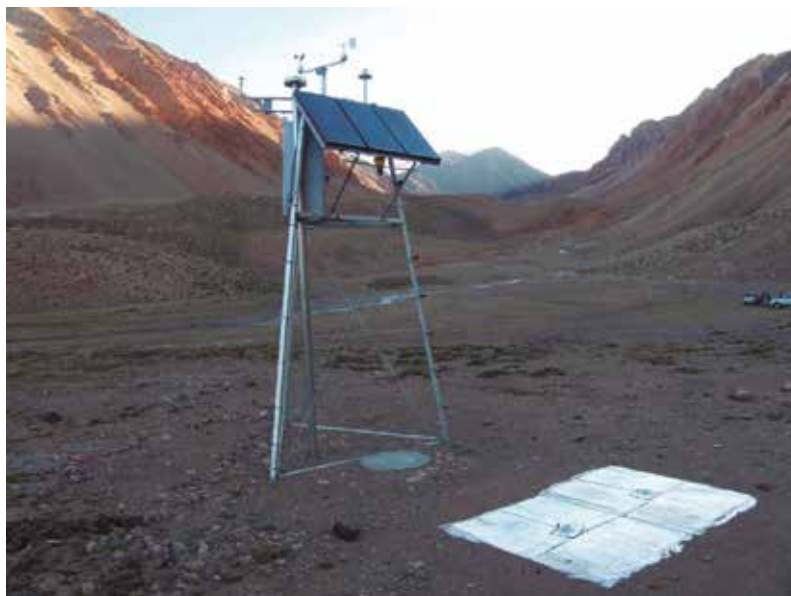
Para realizar mediciones continuas de las precipitaciones en las Carreras Nivométricas, se instalan estaciones remotas con instrumentos de medición electrónicos en puntos significativos de las cuencas altas de los ríos principales o sus tributarios más importantes.

No solo es importante medir la cantidad de nieve, sino su calidad, o al menos su densidad media y el EAN. Además, el comportamiento del manto depende de las condiciones climatológicas imperantes en la zona.

Por ello es que las estaciones remotas instaladas en la alta montaña poseen instrumental para medir parámetros meteorológicos en el lugar, como así también la nieve. En este caso particular se determina su contenido de agua, el espesor de nieve caída y finalmente su densidad por cálculo.



Estación nivometeorológica del DGI - Toscas



Estación nivometeorológica del DGI - Santa Clara

a) Parámetros meteorológicos

Estas estaciones están equipadas con sensores de medición de temperatura ambiente, humedad relativa del aire, presión atmosférica absoluta, temperatura del suelo, radiación solar incidente, radiación reflejada, dirección y velocidad del viento.

b) Medición de nieve de las estaciones

La medición de nieve se basa en el cálculo del EAN, que consiste básicamente en determinar el peso de la nieve. Para ello se implementó un sistema que permite determinar la presión que ejerce el manto nívico sobre una superficie conocida. Esto se logra colocando sobre el terreno unos recipientes planos llenos de un líquido anticongelante denominados colchones de nieve o snow pillows. Estos colchones se conectan mediante mangueras a un caño colector vertical, dentro del cual se aloja un sensor de nivel por presión del mismo tipo de los descritos anteriormente. El sistema funciona como un manómetro: al aumentar la presión sobre los colchones por el peso de la nieve se desaloja el fluido de estos y es transportado al caño, donde comienza a aumentar

su volumen y por lo tanto el nivel. De este modo, la presión en el fondo del caño es la misma que sobre los colchones y directamente proporcional al peso de la nieve.



Medición del EAN con colchón de nieve

La altura de la nieve se mide con un sensor de nivel de tipo ultrasónico. Como el área sobre los colchones es conocida, con la altura se determina su volumen y así, con el peso ya determinado, se calcula el peso específico y la densidad del paquete de nieve.



A partir de la implementación de MIDO Cauce la información de los caudales de agua superficial se obtienen cada 1 minuto en tiempo real.

MIDO Cauce

Este sistema nace a través de un convenio firmado entre el Departamento General de Irrigación (DGI) y la Universidad Tecnológica Nacional Regional Mendoza (UTN) que desarrolló un software SCADA (por sus siglas en inglés Supervisory Control And Data Acquisition o Supervisión o Control y Adquisición de Datos) de código abierto. Este se encuentra orientado a medir los caudales de agua en cauces abiertos en tiempo real. A partir de este desarrollo se logra transmitir datos precisos a un servicio de recolección y almacenamiento de información mediante el uso del sistema de transmisión de datos de la red de telefonía celular que permite controlar y supervisar los procesos a distancia. Luego de un proceso de pruebas comienza a operar en el año 2014 con la instalación de 100 puntos de medición a lo largo de la red de distribución de agua superficial en las zonas de riego de la provincia de Mendoza.

Actualmente el DGI cuenta con puntos de medición en toda la provincia. De este modo, los regantes e inspectores de cauce pueden saber cuáles son los caudales que se están distribuyendo en ese momento. Además este sistema genera y envía mensajes de alerta temprana a los responsables de la distribución del recurso ante la ocurrencia de situaciones imprevistas o de emergencia. De esta manera se logra atender el problema en el menor tiempo posible y minimizar los efectos ante diversas contingencias.

El sistema se complementa con la elaboración de los cuadros de turnado de dotación de la red de distribución de agua superficial. Estos son generados por el DGI en coordinación con las Inspecciones de Cauce y las Asociaciones que las nuclea y luego se ponen a disposición de los usuarios. Por lo tanto, los regantes pueden constatar que el agua que reciben es la misma que se programó a partir del cuadro de turno.

En MIDO Cauce se miden distintos parámetros relacionados con la determinación de caudales en relación con el balance hidrológico de la provincia. Para ello se hace uso de sistemas de: mediciones directas de caudal mediante caudalímetros en cañerías de tomas en ríos, canales o pozos y medición de caudales abiertos con sensores de nivel aplicando el método de la curva HQ. También se miden las reservas en diques y embalses a través de su nivel o cota.

Actualmente la mayor parte de los puntos de la red de telemetría del sistema MIDO Cauce son mediciones de nivel en ríos y canales abiertos.

Algunas formas de medir caudales abiertos

Existen distintos métodos para la medición de caudales que se basan en determinar las variables que caracterizan a esta magnitud física. Debido a las limitaciones físicas de los dispositivos de medición existen básicamente dos formas de medir el caudal:

1. Medición directa.

2. Medición indirecta: área- velocidad, por medio de trazadores o flotadores y altura piezométrica.

Esto es porque:

Definición de caudal: $Q(m^3/s) = V (m^3) / t (s)$

teniendo en cuenta que

Definición de volumen: $V = A(m^2) \times l(m)$

por lo tanto,

Caudal en función del área de la sección transversal:

$$Q(m^3/s) = A(m^2) \times l(m) / t(s)$$

y considerando

Definición de velocidad: $v (m/s) = x l(m) / t(s)$

resulta

Caudal en función del área transversal y la velocidad:

$$Q(m^3/s) = A(m^2) \times v (m/s)$$

Siendo **Q:** caudal; **V:** volumen; **t:** tiempo; **A:** área de la sección transversal; **l:** longitud o distancia; **v:** velocidad.

1. Medición directa

La medición directa consiste en calcular el volumen en un recipiente y el tiempo con un cronómetro. Este método volumétrico es el más recomendable, sin embargo a veces es difícil de aplicar y solamente resulta útil para caudales pequeños donde las características físicas lo permiten.



Método de medición directa de caudal



Caudal consiste en el volumen de un fluido (agua) que pasa por una sección de un conducto o cauce en un periodo de tiempo determinado por la unidad de medición. En general las unidades de medición pueden variar dependiendo de la magnitud de los volúmenes: litros (l) para volúmenes pequeños y metros cúbicos (m^3) para aquellos mucho mayores.

Un m^3 equivale a 1000 litros.

El periodo de tiempo puede medirse en segundos (s) o en horas (hs). Por lo tanto, el caudal se mide en l/s, m^3/s , o m^3/h .



Personal del DGI midiendo caudal de filtraciones en el embalse El Carrizal por el método directo

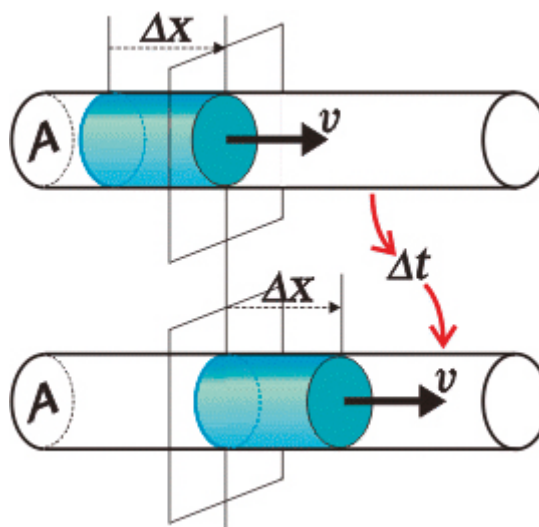
2. Medición indirecta

Como su nombre lo señala miden otras variables físicas distintas del caudal (como por ejemplo la velocidad o la altura piezométrica). Luego se aplican principios hidráulicos para obtener el volumen de dicho caudal.

Los métodos de medición indirectos de caudales se pueden agrupar en tres tipos:

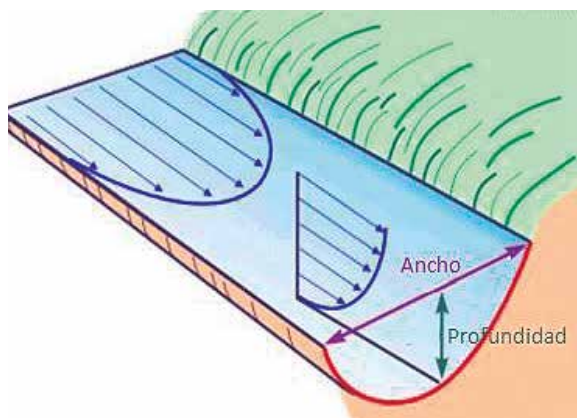
- **Método área - velocidad**

En este método se utiliza la ecuación de continuidad. Es decir, se considera que el agua no se puede comprimir y que no existen aportes ni derivación o extracción de agua del flujo. Por lo tanto, la cantidad o masa de agua (por consiguiente también su volumen) que atraviesa una sección determinada en cualquier parte de un conducto es la misma, independientemente del valor de su área, es decir, que a lo largo de un canal donde no haya agregado ni quita de agua, el caudal permanece constante. El caudal se puede calcular si conocemos la superficie o área de la sección transversal (perpendicular) al sentido de circulación del agua y determinando su velocidad.



Método área-velocidad de medición de caudal

En la práctica la velocidad del agua en distintos puntos de la sección no es siempre la misma, ya que el agua tiene cierta viscosidad, lo que produce un “rozamiento” o “fricción” entre el agua y las paredes del ducto y dentro del agua misma. Este efecto determina una reducción de la velocidad en las paredes y un aumento de la misma hacia un punto medio del flujo (también denominado perfil transversal de velocidades). En canales abiertos este fenómeno se observa también entre el fondo o solera del canal y la superficie del agua, determinando lo que se denomina un perfil longitudinal de velocidades. La combinación determina distintas velocidades para distintas profundidades y distintas posiciones a lo ancho como se representa en la imagen. Por este motivo hay que calcular una velocidad que represente a todas estas. Esta velocidad se denomina velocidad media. El método consiste en determinar su valor con precisión empleando un equipo portátil, denominado molinete (existen distintos tipos de este equipo), que calcula la velocidad en diferentes posiciones.

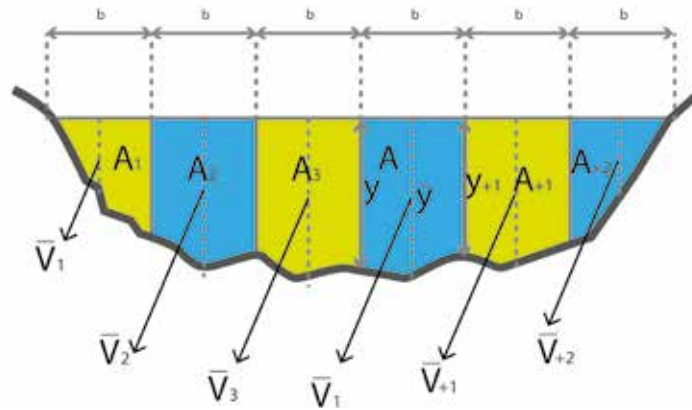


Medición de caudal en canales abiertos
por el método área-velocidad



Los dos primeros modelos cuentan los giros de la hélice en un tiempo determinado y de acuerdo al tipo de rotor se calcula la velocidad. El tercer y cuarto modelo usa un principio diferente basado en el efecto doppler. Este efecto específico mide la velocidad de una onda de ultrasonido que varía en relación a la velocidad del agua.

Para ello se coloca el equipo dentro del agua en distintos puntos y a diferentes profundidades. Si se divide el área transversal del canal en secciones y se determina la velocidad media en cada una de ellas, se podrá calcular el caudal parcial. Luego sumando todos estos resultados se obtiene el caudal total.



Medición de caudal según el método sección media conforme a la norma EN ISO 748



Aforo por vadeo con molinete



Aforo con barquilla con molinete



Aforo con sensor ultrasónico de efecto doppler

• Método con trazador

Este tipo de medición se utiliza cuando las condiciones de la corriente dificultan el uso de otros métodos, ya sea por la geometría de la caja del río o por su turbulencia. Se basa en la inyección de una sustancia reconocible y que es medida aguas abajo. Comúnmente se utiliza sal (NaCl) o trazadores fluorescentes (rodamina).

Para una correcta aplicación de este método se deben tener las siguientes consideraciones:

- Flujo constante durante la medición.
- Conductividad base constante durante la medición para el caso de la sal.
- Distribución homogénea del trazador en la sección transversal del punto de medición.
- Todo el trazador inyectado debe pasar a través de la sección transversal donde se está midiendo.



Deben evitarse las aguas detenidas, flujos con baja turbulencia y zonas con mucha vegetación.



Medición de velocidad por el método por trazador de tinción



Concepto desarrollado en MIDO Calidad.

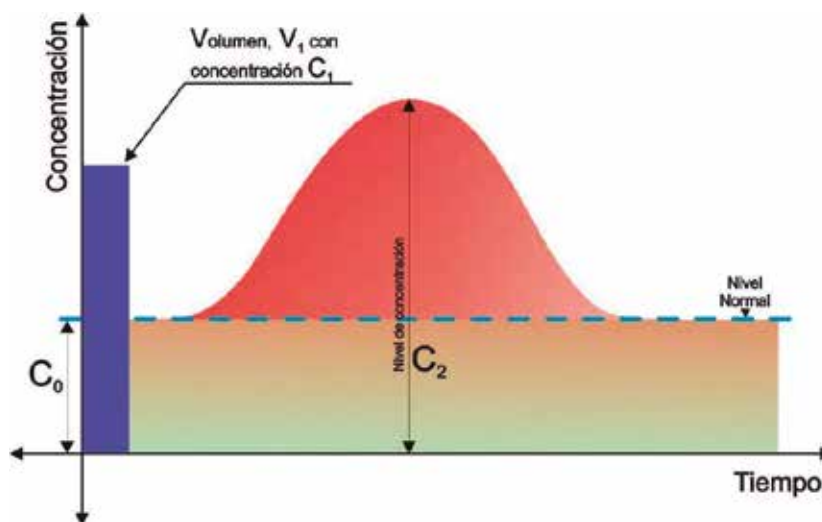
Método de trazador por concentración:

consiste en medir el tiempo que tarda desde que se incorpora el trazador al flujo hasta alcanzar una distancia determinada en el momento en que se obtiene la máxima concentración. El caudal es una relación entre la cantidad de material vertido y el exceso de concentración del producto en el punto.

En caso de inyectar sal, como cuando se emplea un sensor de conductividad, éste debe ser previamente calibrado de forma tal de conocer la **conductividad base** del río.

Posteriormente se incorpora el trazador a la corriente del río y se debe procurar una buena mezcla de la sustancia.

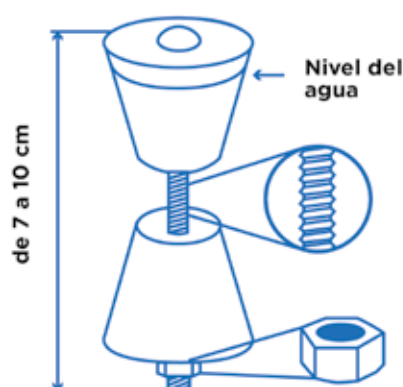
Para asegurar una buena mezcla, el trazador es disuelto previamente. Una vez incorporado al flujo empieza el proceso de medición registrándose una curva como la de la figura siguiente.



Medición de velocidad por el método de trazador por concentración

• Método con flotador

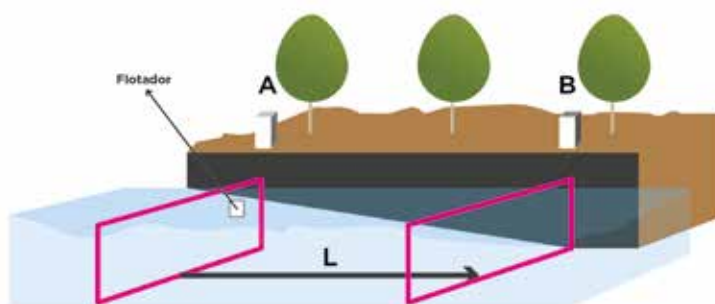
El método con flotador subsuperficial consiste en dos trozos de madera, corcho o materiales plásticos, unidos por una varilla. En uno de los extremos se coloca un peso para que se hunda y se deja al otro libre para que flote de manera casi vertical.



Flotador subsuperficial para medición de velocidad en cauces abiertos

Este método se utiliza a falta de molinete, cuando la velocidad es excesiva, cuando el lugar representa peligro para las personas o equipamientos, o ante la presencia de cuerpos extraños o contaminación.

Consiste en ubicar un tramo más o menos recto del canal de unos 10 m de longitud, con sus orillas lo más paralelas posible. Luego, se colocan un par de estacas o referencias y se deja caer el flotador antes de la primera marca y se toma el tiempo de tránsito entre ambas marcas. Se repite el procedimiento para estimar el tiempo promedio y se calcula la velocidad. Como ya conocemos el área media se procede a calcular el caudal.



Medición de caudal con el método de área-velocidad con trazador o flotador



Medición de caudal con el método de área-velocidad con flotador

• Método de la altura piezométrica

El otro método indirecto para medir el caudal de una corriente de agua es el que expresa este caudal como una función de la altura piezométrica. En un caso ideal la relación es muy sencilla, ya que es del tipo potencial:

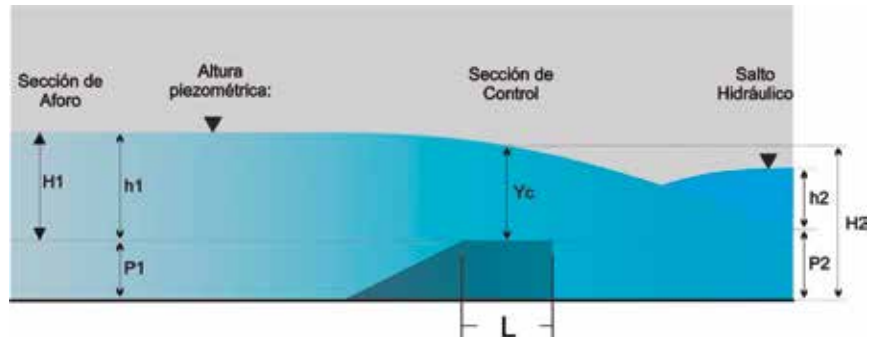
Cálculo de caudal mediante la altura piezométrica: **$Q = C h^z$**

En donde:

- **Q:** caudal
- **C:** coeficiente de descarga
- **h:** altura piezométrica
- **z:** exponente

Tanto el coeficiente C, como el exponente z, dependen de las

características geométricas del dispositivo de medición que se trate. Para ello se necesita una sección de un canal que cuente con ciertos requerimientos hidráulicos. Esto conlleva una obra civil con forma y dimensiones específicas para lograr un efecto hidráulico denominado tirante crítico. El efecto se observa en la siguiente figura.



Características de una sección de aforo para medición de caudales por el método de altura piezométrica

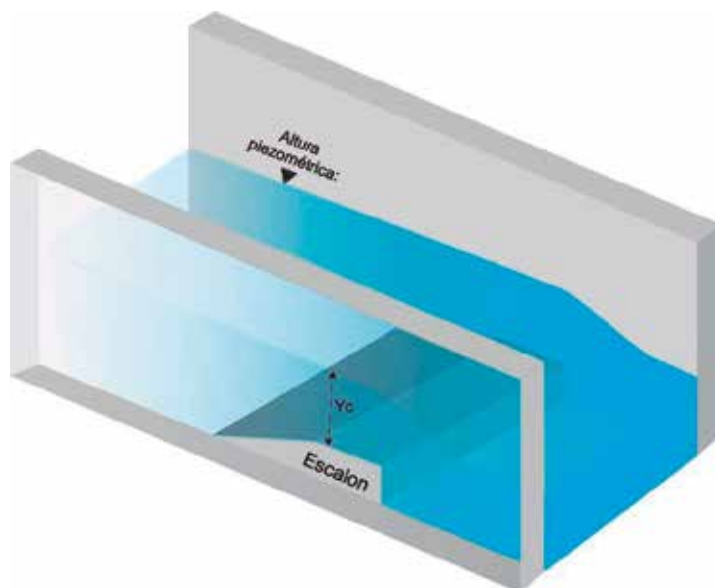
En el punto indicado como sección de aforo se coloca una escala graduada sobre la cual puede leerse la altura piezométrica o simplemente tirante. La forma y construcción de las secciones de aforo o aforadores se trata en el Anexo adjunto a este Manual. En las imágenes se observan construcciones características.



Secciones de aforo para medición de caudales por el método de altura piezométrica

De esta manera, contando con la información de esa escala, se puede obtener un caudal aplicando una ecuación matemática. A esta relación también se la suele denominar curva H-Q o curva de gasto.

En general se utilizan para este fin obras específicas denominadas vertederos (escalón), que permiten lograr un tirante crítico para obtener una relación entre caudal y la altura piezométrica.



Esquema de una sección de aforo para medición de caudales por el método de altura piezométrica

De esta manera, colocando un elemento sensor de nivel y mediante un sencillo cálculo, se obtiene el caudal pasante con exactitudes mayores al 5%. La toma de este nivel puede ser directamente sobre el cauce a la altura donde se ubica la escala piezométrica.

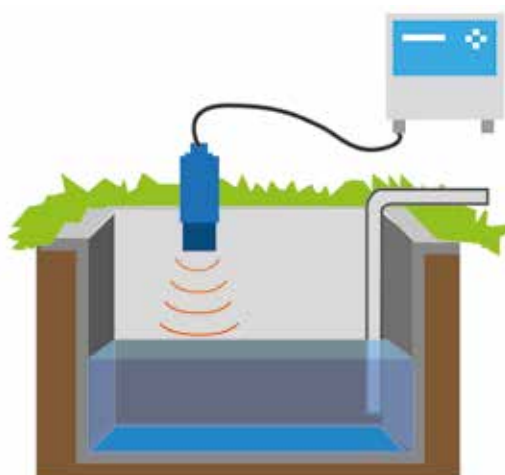


Sección de aforo para medición de caudales por el método de altura piezométrica de lectura directa

En algunos casos esto no es factible porque el canal no presenta un nivel muy estable, por ejemplo con algo de oleaje, o por problemas de seguridad frente al vandalismo. En estos casos se opta por realizar una cámara aquietadora a un lado del cauce y conectada al mismo; dentro de ella se coloca un sensor, como los de ultrasonido. Esta cámara puede estar directamente sobre el terreno, o anexada a algún tipo de construcción.



En el Anexo de este Manual, Tipología de obras, se detallan de manera específica estas obras de infraestructura accesorias para la medición de caudales en canales abiertos.



Medición de caudales por el método de altura piezométrica en cámara aquietadora

El dato que arroja este sensor es tomado por el PLC y luego transmitido al servidor central, para ser almacenados en la base de datos y estar disponibles para su consulta y visualización, como se muestra en el esquema presentado al inicio.

Caudal en ríos y arroyos

Este es un caso particular de la situación antes descrita, ya que inicialmente se basa en el mismo principio de medición, pero la diferencia es que no se cuenta con una obra hidráulica para conocer con exactitud el comportamiento, o sea, la ecuación de la **curva de gasto**.

La misma debe ser determinada periódicamente mediante aforos manuales que se realizan en el mismo punto, determinando la forma de la sección, también denominada batimetría. Para ello se utiliza el método de área velocidad antes descrito.

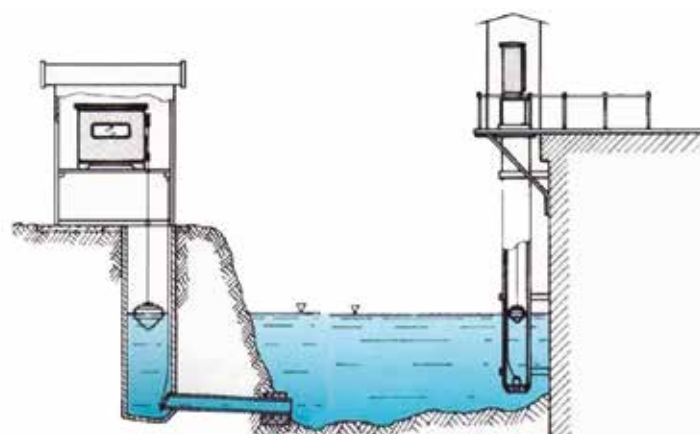
Una vez determinada la curva de gasto de la sección del río se puede obtener un caudal según la altura del nivel del agua. Para ello es necesario instalar estructuras que puedan ubicar a los sensores convenientemente a fin de que estos puedan obtener una lectura precisa del nivel. De manera similar, esta lectura puede hacerse sobre el propio cauce o bien mediante un sistema de cámaras comunicantes. En las figuras se muestran dos casos: para un sensor de flotador y contrapeso.



Llamamos **curva de gasto** a la función intermedia que relaciona los caudales con las alturas o niveles de agua.



Casilla de alojamiento de un limnómetro
en una medición directa en río

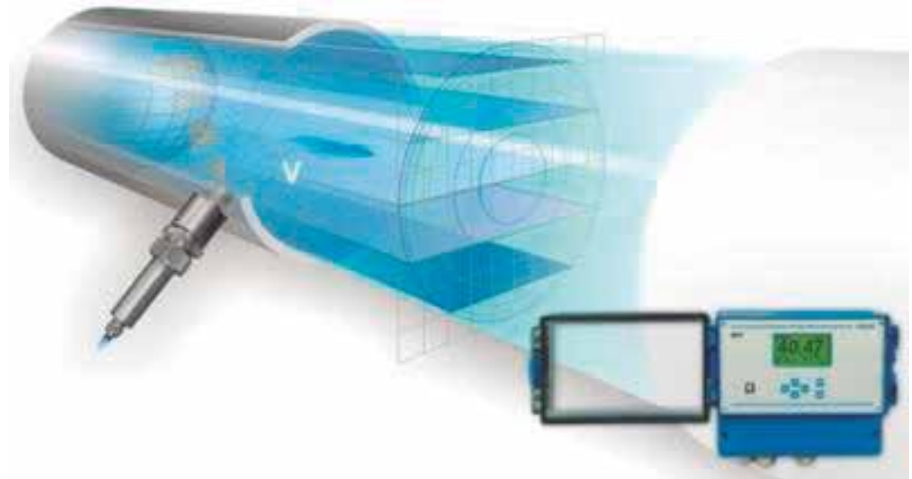


Medición de caudal en cauces naturales por el método de altura piezométrica en
cámara aquietadora y directa con limnómetro de flotador y contrapeso

Caudal en tuberías

En muchos casos, el agua captada de un curso es conducida hacia su destino mediante cañerías cerradas. Lo mismo ocurre cuando la fuente es un pozo ya sea de tipo surgente natural, o artesiano, o bien extraída mediante bombeo.

Para medir el caudal en estos casos se utilizan dispositivos denominados caudalímetros que se intercalan en las tuberías de tal forma que todo el flujo las atraviese y pueda determinarse el caudal a través de diversos métodos de sensado. En la gran mayoría de los casos, estos métodos lo que hacen es determinar la velocidad del fluido en una sección conocida.



Medición de caudal en cañería cerrada por el método área-velocidad



Caudalímetro de inserción en cañería cerrada por el método área-velocidad

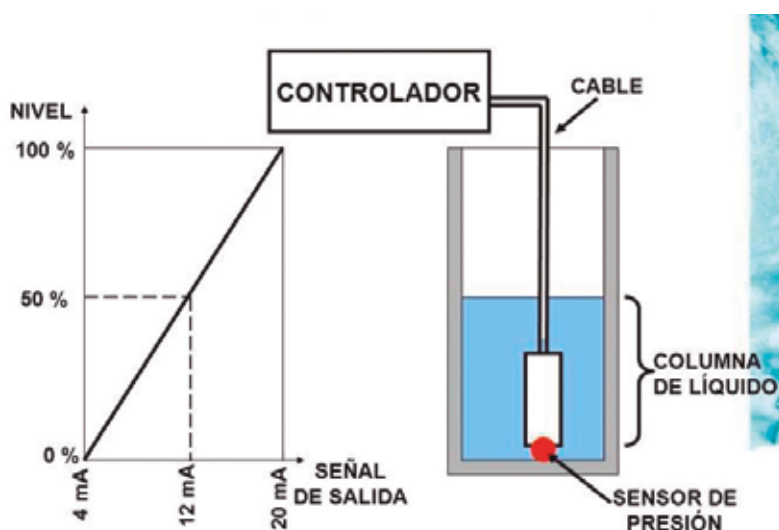


Caudalímetro de inserción en cañería cerrada

Nivel piezométrico en pozos

Como se mencionó, en muchos lugares se utiliza agua extraída de pozos donde no existe distribución superficial o para compensar en casos que ésta sea insuficiente.

Independientemente del uso, es necesario determinar el nivel del agua en pozos, los cuales pueden presentar diversas profundidades, inclusive de varios cientos de metros. Para ello se utilizan sensores de presión que determinan el nivel del agua en función de la presión hidrostática que es ejercida sobre un elemento sensible a la misma. Por esta razón estos dispositivos deben contar con compensación de la variación de la presión atmosférica y la temperatura para obtener la presión manométrica.



Medición de nivel piezométrico por presión en pozos



Sensor de nivel piezométrico por presión

Estas mediciones, si se realizan en ciertas zonas que comparten un mismo acuífero, permiten determinar el comportamiento de este, ya que no hay una forma de observación directa.

Nivel de embalses

En el caso de los embalses es necesario conocer la reserva de agua acumulada o simplemente el nivel de las represas, ya que de ello depende la regulación del caudal aguas abajo que se debe administrar entre los diversos usos: consumo humano, riego, industria, generación de energía, recreacional, etcétera.

Para ello se utilizan distintas tecnologías, dependiendo del rango de variación del nivel, la ubicación del sensor y las condiciones del entorno. Dentro de esta metodología se hallan los sensores de flotante y contrapeso y los ultrasónicos para rangos pequeños a medios (de no más de una decena de metros de profundidad). En casos más extremos se usan otras tecnologías como los sensores de presión hidrostática, antes mencionados y otra de medición de nivel por medios radiométricos. Estos últimos utilizan el principio del radar: emiten un pulso de una onda electromagnética que se propaga a través del aire y cuando el frente de onda se encuentra con la superficie del agua se ven modificadas abruptamente las condiciones de propagación. Gran parte de la energía que trae es reflejada de regreso en dirección al sensor, el que determina el tiempo transcurrido entre la emisión y la recepción del rebote o eco.

Si bien, el principio es similar al utilizado por los sensores ultrasónicos, por tratarse de velocidades muy altas, su precisión es elevada y suelen ser menos sensibles a las variaciones climáticas que estos últimos; por este motivo, alcanzan mayores distancias.



Sensado por radar de nivel de embalse



Sensor por radar de nivel de embalse

Medición ante alertas hidrológicas

En muchos casos, no se requiere tener la información precisa del caudal escurrido, sino determinar la presencia de agua en un cauce o un crecimiento repentino de los caudales o gradiente.

En estos casos se hace uso de tecnología sobre drenajes o cauces aluvionales como la que se ha enumerado. En aquellos que es posible contar con una curva de gasto se carga en el sistema a fin de tener un registro de este tipo de eventos, pero como esto no siempre es posible o fácil de calcular, se utiliza el concepto de gradiente. Allí se toma en cuenta un cambio en la variable que se esté midiendo, por ejemplo el nivel y cuando éste crece muy rápidamente, los equipos recolectores de datos (PLC) generan y transmiten mensajes de alerta al sistema concentrador de la información y también a números de teléfonos móviles o direcciones de correo electrónico que hayan sido programadas previamente.

Este método también es implementado en ríos y canales de conducción. En estos últimos se considera además, una baja abrupta en los caudales, ya que podría ser signo de algún tipo de rotura o fallo. De esta forma se agilizan los procedimientos y actuaciones ante eventos extraordinarios, con el objetivo de minimizar los efectos sobre las personas, infraestructura del sistema y alrededores.



MIDO Suelo

Consiste en la inserción en el terreno de medidores de humedad que se colocan a distintas profundidades en parcelas seleccionadas por especialistas en agronomía. Estas parcelas son representativas del tipo de cultivos y suelos de una región determinada. Junto con la información de las precipitaciones brindada por MIDO Lluvia este sistema brinda una herramienta de gestión para determinar si deben hacerse correcciones sobre el sistema de distribución de agua en los cauces luego de un evento meteorológico y ayuda también a las eventuales modificaciones en los turnados de riego.

Objetivos

La implementación del sistema MIDO SUELO tiene como objetivo general el conocimiento de la variable humedad del suelo, la cual permite evaluar el desempeño de la distribución de agua de riego a nivel parcelario.

Mediante la medición de humedad es posible estimar el impacto de la distribución del recurso hídrico e implementar medidas complementarias en el ajuste de los turnados. También es posible estimar el impacto que tienen las precipitaciones en el contenido de humedad del suelo.

Para realizar correctamente esta medición, el sistema se complementa con la instalación de pluviómetros que permiten determinar la intensidad, frecuencia y duración de la lluvia en un área determinada de la cuenca hídrica. De esta manera es posible analizar si ante un evento de lluvia es necesario reducir dotaciones o tomar alguna medida respecto de la distribución de la cuenca.

Principales objetivos a alcanzar con la implementación del sistema MIDO Suelo:

- Determinación de humedad de suelo en parcelas piloto (PP).
- Determinación de las condiciones previas y posteriores al riego en PP.
- Evaluación del desempeño en la distribución por parte de las Inspecciones de Cauce.
- Ajustes en la distribución hídrica a partir del conocimiento de la eficiencia del riego en PP.
- Medición del impacto de las precipitaciones en la humedad del suelo de PP.
- Elaboración de indicadores de desempeño de la gestión hídrica.
- Aporte de datos al Balance Hídrico de las cuencas administradas por el DGI.

Fundamentos

En el proceso de distribución de agua de riego se reparte un volumen conocido desde la cabecera del sistema a través de la red primaria y luego red secundaria, de manera de satisfacer las demandas de los distintos usos que el DGI tiene empadronados. En este proceso se planifica una erogación de acuerdo a las demandas a cubrir que es ejecutada con mayor o menor eficiencia por los actores involucrados en este proceso. Intervienen para ello las Subdelegaciones de Aguas y las Inspecciones de Cauce en la conducción y distribución del recurso hídrico.

Este proceso de distribución se encuentra afectado por distintos factores que condicionan su efectividad y desempeño, tales como infraestructura, organización, recursos económicos y humanos, capacitación de los actores, entre otros. Todos estos factores condicionan los resultados de acuerdo a las particularidades de las cuencas, Inspecciones de Cauce o consorcios de usuarios.

Por esto se necesita tener un conocimiento de la eficiencia y efectividad con que las que el recurso hídrico se distribuye a los usuarios. Esta información permite que los operadores del sistema ajusten la distribución de manera que puedan mejorar el desempeño en cuanto a la equidad, oportunidad y garantía de la entrega.

En resumen, la medición de la humedad de suelo en propiedades piloto permite saber cómo se está distribuyendo el recurso a nivel parcelario y a partir de ese conocimiento aplicar medidas que mejoren ese desempeño.

Implementación

Para la implementación del sistema MIDO Suelo, se implementan sensores de humedad de suelo a nivel parcelario que posibiliten cumplir con los objetivos enunciados precedentemente. Para esto se han fijado una serie de condiciones que permitan que el dato obtenido se transforme en información para la toma de decisiones. Entre las condiciones de instalación pueden enumerarse:

- Instalación en parcelas piloto (PP) ubicadas en cabecera, medio y confin de los sistemas de distribución.
- La instalación se realizará en PP con cultivos permanentes y sin abastecimiento de agua subterránea ya que se necesita medir la efectividad de la distribución del agua superficial.
- Los sensores se ubicarán en el perfil del suelo a la profundidad donde se encuentre la máxima densidad del sistema radical de las plantas.
- El dato obtenido se utilizará a modo de indicador de:
 - Frecuencia de riegos.
 - Cantidad de lámina de riego aplicada.
 - Duración de los riegos.
 - Comparación contra la duración de los turnados en el sistema de riego.
 - Estimación del nivel de abastecimiento respecto al

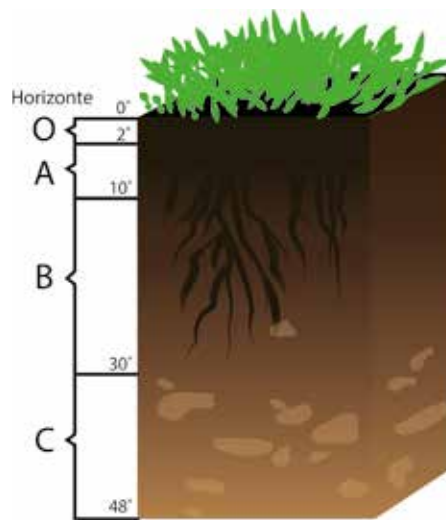
umbral de riego de las PP.

- Estimación del impacto de la lluvia en la humedad del suelo.
- Se implementará un sistema de indicadores donde, mediante un mapa de la cuenca, pueda conocerse la evolución de la distribución a nivel parcelario en las distintas áreas administradas.

Conceptos básicos

Características geomorfológicas del suelo

El suelo es la parte superficial de la corteza terrestre, biológicamente activa, que proviene de la desintegración o alteración física y química de las rocas y de los residuos de los seres vivos que se asientan en ella. Está compuesta por minerales, materia orgánica, diminutos organismos animales y vegetales, aire y agua.



Esquema del suelo

- O:** Materia Orgánica (0-5cm)
- A:** Suelo (5-25cm)
- B:** Subsuelo (25-80cm)
- C:** Materia Parental (80-120cm)

Las partículas del suelo presentan irregularidades en su forma y tamaño, lo que da lugar a los poros del suelo. Estos poros están ocupados de aire y agua en cantidades variables según el tipo de suelo. Las raíces de las plantas ocupan estos espacios con aire para ir desarrollándose y creciendo en busca de agua, al mismo tiempo que aprovecha al suelo como lugar de anclaje para su estructura. El tamaño de las partículas minerales que forman el suelo determina sus propiedades físicas: textura, estructura, capacidad de drenaje del agua y aireación. Los gránulos son más grandes (poros grandes) en los suelos arenosos. Estos son sueltos y se trabajan con facilidad, pero el agua se infiltra rápidamente. Los suelos limosos son intermedios. Los suelos arcillosos están formados por partículas muy pequeñas (poros chicos), son pesados, no drenan fácilmente y al secarse se endurecen.

El monitoreo del contenido de agua en el suelo es esencial para ayudar a los agricultores a optimizar la producción, conservar agua, reducir los impactos ambientales y ahorrar dinero. Cuando se monitorea la humedad del suelo es posible tomar mejores decisiones en la programación del riego, tales como determinar la cantidad de agua a aplicar y el momento propicio. También ayuda a proporcionar al cultivo la cantidad de agua necesaria y así evitar pérdidas de agua excesivas por percolación profunda o por escurrimientos o bien evitar aplicar una cantidad insuficiente. El exceso de irrigación puede incrementar el consumo de energía y los costos de agua, aumentar el movimiento de fertilizantes por debajo de la zona radicular, producir erosión y transporte de suelo y partículas de químicos a los canales de drenaje. El riego insuficiente puede reducir la producción de las cosechas, salinizar el suelo y perjudicar la planta.

Cantidad de agua almacenada en el suelo

El suelo se comporta como un depósito, al cual se le puede determinar la cantidad de agua almacenada en cualquier momento.

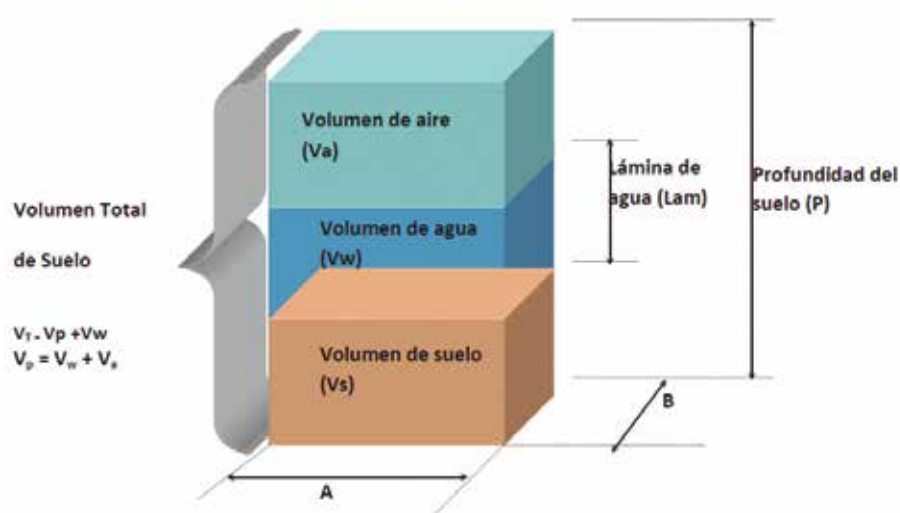
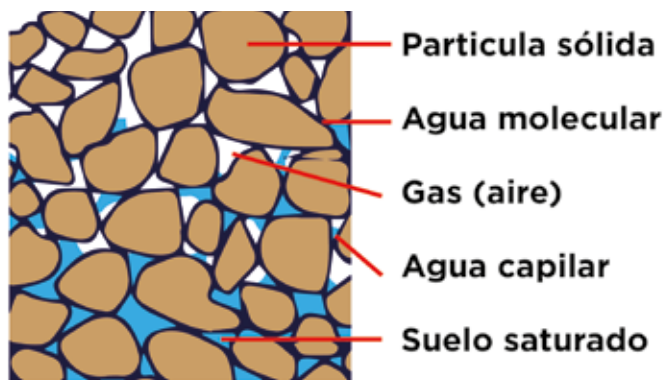


Figura 20: Diagrama hipotético de los componentes del suelo aire - agua - suelo

Al aplicar agua al suelo éste recibirá una cantidad de acuerdo con su capacidad de absorción (dada por la textura), después de un intervalo de tiempo el agua empezará a drenar libremente. Continuará drenando hasta un punto en donde la fuerza con que está retenida el agua (tensión de humedad del suelo) sea de tal magnitud que la misma no pueda drenar libremente. Este contenido de humedad se conoce como Capacidad de Campo (WC).



Partículas sólidas del suelo y los poros ocupados por aire y distintos tipos de agua

Esta fuerza o tensión de humedad del suelo (potencial matriz) con que el agua es retenida es producto de la **adhesión y la cohesión**. Este proceso de retención que depende de las características de tensión superficial del agua del suelo y del ángulo de contacto entre el agua y las partículas de suelo, es el mecanismo principal de retención de agua en los suelos livianos, medianos y dentro de determinados intervalos de humedad, en los suelos pesados. En un suelo saturado, todos los poros están llenos con agua que ha desplazado al aire. La tensión de humedad del suelo (potencial matriz o succión) es cercana a cero. Si al suelo se le aplicara una fuerza externa, el agua sería desplazada primero de los poros más grandes y luego reemplazada por aire. La disminución continua de agua en los poros produce simultáneamente el aumento de la fuerza con que es retenida el agua y el incremento de la tensión de humedad del suelo, o potencial matriz del mismo. La causa de que esto suceda es que mientras menor sea el radio de los poros que retienen el agua, mayor será la tensión capilar. Por tanto, a pesar de ser la capacidad de almacenamiento de agua en un suelo arcilloso mayor que en uno arenoso, la fuerza con que retiene el agua la arcilla es mayor a la de la arena.

Cuando el perfil del suelo está lleno de agua y alcanza lo que se llama capacidad de campo, se dice que el perfil está al 100% de su contenido de humedad disponible o a aproximadamente 0.1 bares de **tensión**. En el punto de capacidad de campo, cuando existe una tensión de solo 0.1 bar, el agua no es retenida fuertemente por las partículas del suelo y es fácil para las plantas extraerla.

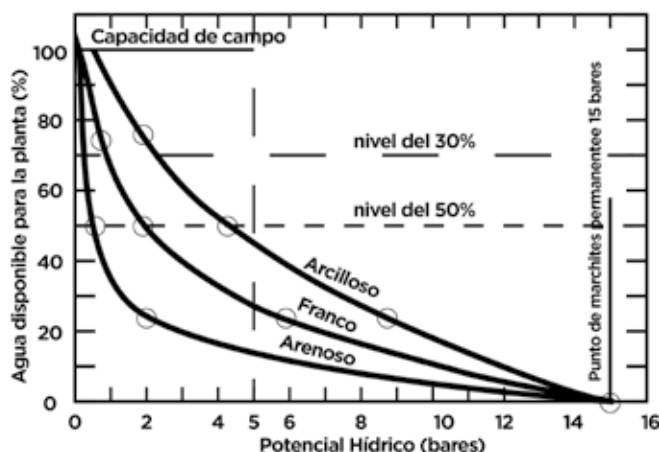


Diagrama de curvas características del contenido de humedad y tensión según diferentes texturas



Adhesión: atracción entre la superficie de las partículas de suelo y el agua.

Cohesión: atracción entre las moléculas de agua.



La tensión es una medida que determina la fuerza con la que las partículas del suelo retienen a las moléculas de agua: a mayor retención de humedad, más alta es la tensión.

A medida que las plantas agotan el agua, la tensión en el suelo aumenta. Las plantas utilizan el agua del suelo hasta que el nivel de humedad alcanza el Punto de Marchitamiento Permanente (PMP). Una vez que el suelo se seca hasta llegar al mencionado nivel, las plantas ya no pueden seguir extrayendo agua del suelo y de no aplicarse un riego, morirán.

Diferentes técnicas de medición de agua del suelo

Técnicas de medición de agua del suelo	
Métodos Directos	Métodos indirectos
Método Gravimétrico	Tensiómetro
Método de tacto y apariencia	Sonda de neutrones
	Bloques de resistencia
	Sondas de capacitancia eléctrica. Una de las tecnologías más utilizadas y la que se eligió para realizar el monitoreo de humedad en suelo para el sistema MIDO Suelo.

Técnicas de medición de agua del suelo

Concepto teórico: la permitividad dieléctrica (ϵ)

Los sensores de humedad miden de forma indirecta, específicamente, la permitividad dieléctrica (ϵ). Este concepto es una propiedad del suelo y hace referencia a la habilidad del sustrato para soportar una carga eléctrica.

Como la **Permitividad** (ϵ) cambia de forma predecible es posible correlacionarla con la cantidad volumétrica de agua en el suelo.

Los sensores usan la capacitancia para medir la permitividad dieléctrica del medio circundante. El volumen de agua presente en el volumen total del suelo influye fuertemente en la permitividad del mismo, ya que la constante del agua es mucho mayor que cualquier otro constituyente del suelo. Esto se debe a que la humedad del mismo varía y el sensor mide un cambio en la capacitancia que está directamente correlacionado con el contenido de agua presente.

Algunas características de los sensores de humedad de suelo

Datos de calibración

Es imprescindible para cualquier sensor de humedad de suelo que el fabricante aporte los datos de calibración, así como la información sobre la variabilidad entre sensores (expresión de la exactitud del sensor).



Capacitancia: propiedad de los cuerpos para mantener una carga eléctrica.



Permitividad dieléctrica: constante que describe cómo un campo eléctrico es afectado por un medio circundante.

Limitaciones a tener en cuenta

Los sensores están limitados por 2 parámetros que es importante tener en cuenta:

- Los cambios en la temperatura del suelo.
- La Conductividad Eléctrica (CE) del suelo y del agua de riego.

Instalación

Es importante tomar precauciones para una correcta medición e instalación del equipo. Se trata de un instrumental delicado y al encontrarse enterrado en profundidad resulta difícil corregir errores cometidos.

Los lugares seleccionados para la instalación de los sensores deben cumplir con las siguientes condiciones:

- Presentar un cultivo permanente y alineado.
- No debe tener interferencia de otro tipo de agua, como por ejemplo de origen subterráneo, ya que estaría interfiriendo en los valores mensurados.

Pasos para la instalación:

1. Elección del lugar de instalación

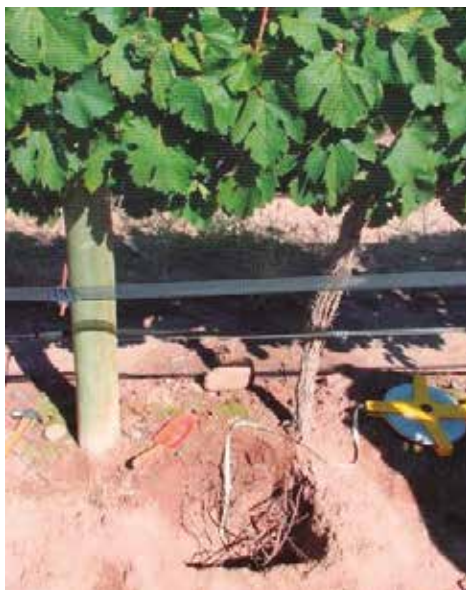
Cómo se medirá contenido de agua en el suelo para poder determinar los momentos de riego, es necesario que el sensor se encuentre lo más cerca de la periferia de la zona radicular, ya que es ahí donde mayor actividad presentan las raíces.

Otro detalle a tener en cuenta es que haya un sector cercano en donde se pueda colocar correctamente el logger receptor de los datos medidos por el sensor, siempre y cuando el largo del cable lo permita.

2. Realización del pozo donde se colocarán los sensores

Una vez elegido el lugar, se cava un pozo hasta la profundidad a la que vamos a instalar el aparato. En esta instancia, es importante tener precaución para no romper las raíces que vamos encontrando y de disturbar el suelo lo menos posible.

Por punto se instalan dos sensores a diferentes profundidades. Uno entre 30 a 50 cm y el otro entre 60 a 100 cm dependiendo del cultivo presente y del tipo de suelo. El sensor que se encuentra a menor profundidad, es el que primero recibe el agua que infiltra y el que mejor noción da de una actividad radicular. El sensor a mayor profundidad recibirá esa misma agua tiempo después. Esto permitirá detectar capas impermeables, insuficiencia de riego, exceso de riego, etcétera.

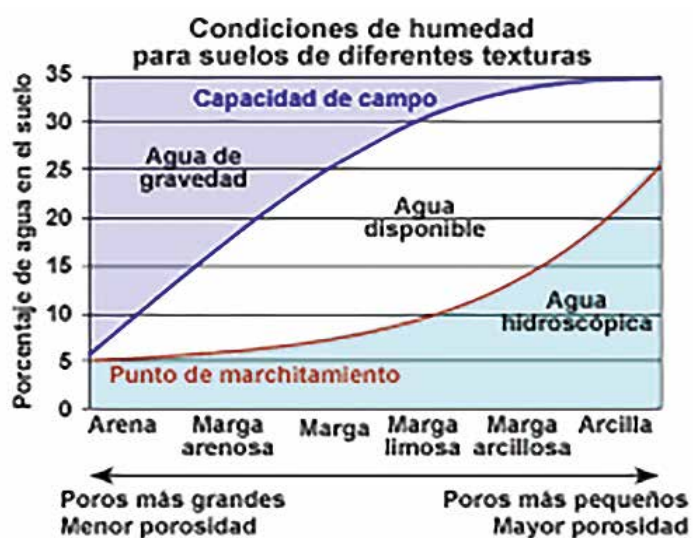


Pozo realizado en la zona de actividad radicular

3. Toma de muestras de suelo en las profundidades donde se insertarán los sensores

Este paso es de suma importancia. Las diferentes texturas (arcilloso, franco y arenoso) drenan a diferentes velocidades y retienen distintas cantidades de agua. Es clave conocer las características del suelo en el que vamos a colocar el instrumental, como por ejemplo textura, capacidad de campo (WC) y el punto de marchitez permanente (PMP) y así, determinar el umbral de riego (UR). Con esto podremos referir los datos medidos por el sensor a unas características de suelo determinadas y así, comprender mejor los resultados obtenidos.

Recolectamos las muestras en pesafiltros debidamente rotulados. Es importante no sacar la muestra del mismo sector en donde insertaremos el sensor para no disturbar la zona de medición.



Condiciones de humedad para suelos de diferentes texturas.

Textura	Capacidad de Campo (% vol)	Punto de Marchitez Permanente (% vol)	Agua Disponible (% vol)
Arenoso	17	9	8
Limo	24	11	13
Limo Arcilloso	36	20	16
Arcilloso	57	28	29

Contenidos volumétricos de agua en WC, PMP y AD según diferentes texturas

Colocación del instrumental

En esta etapa, introducimos los sensores a las profundidades elegidas. Con mucha precaución colocamos el aparato sin mover demasiado la tierra y verticalmente, ya que si lo colocamos de manera horizontal (perpendicular a la superficie de la tierra) puede retener el agua que drena y así darnos datos erróneos.



Medición de la profundidad para la colocación de los sensores.



Sensores instalados a diferentes profundidades

•Rellenado del pozo

Una vez puestos los sensores, hay que conducir los cables prolijamente por la pared del pozo hacia el exterior procurando que no quede muy tensado para evitar rupturas. Posteriormente se procede al llenado del pozo con la tierra extraída al momento de cavarlo.



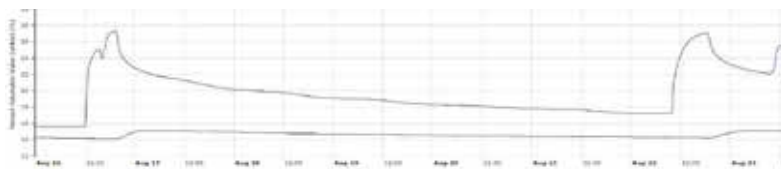
Rellenado de pozo luego de haber colocado los sensores

•Conexión de los sensores al logger receptor de datos

Los cables del instrumental se conectan a una caja receptora de los datos medidos por los sensores, a la cual se le dan las configuraciones de frecuencia de toma de datos de humedad de suelo. Dicha caja consta de un chip de telefonía, el cual permite enviar telemáticamente los datos medidos a una base de datos en donde se almacenan cada una de las mediciones realizadas, el cual se puede consultar vía internet.

Interpretación de las mediciones

Los datos se muestran mediante un gráfico que representa la variación del porcentaje del contenido volumétrico de agua en el suelo a lo largo del tiempo.



Variación del contenido volumétrico de agua en el suelo en el transcurso del tiempo

En el mismo se puede apreciar en qué momento se ha realizado un riego, cuando el mismo finalizó y comenzó el drenaje de agua hasta alcanzar un punto de inflexión que podría ser considerado como la WC.

En la gráfica se observan ambos sensores. El más superficial comienza a mostrar actividad con más anticipación y más dinámicamente que el sensor a mayor profundidad.

Teniendo los resultados de los análisis de suelo, se puede trazar una línea en la gráfica representando la WC, el UR y el PMP. De este modo, se puede saber con mayor certeza en qué momento regar para no sobrepasar límites críticos tanto de estrés como de anegamiento; permitiendo así un correcto uso del recurso hídrico.

MIDO Lluvia

En el sistema MIDO Lluvia se determinan las precipitaciones en relación con el balance hidrológico de la provincia. Para ello se hace uso de mediciones directas de precipitación mediante pluviómetros. Este sistema utiliza como base la misma tecnología de captación de datos y transmisión del sistema MIDO Cauce. MIDO Lluvia se utiliza de forma complementaria en algunos puntos donde funciona el sistema MIDO Cauce o bien en conjunto con el sistema MIDO Suelo.



Objetivos

El sistema MIDO Lluvia se compone de una red de estaciones remotas que utiliza como instrumento de medición sensores de lluvia que están distribuidos de forma estratégica en cada cuenca. Estos obtienen, en tiempo real, información de las precipitaciones con el fin de poder tomar medidas oportunas en la distribución de los recursos hídricos y, en zonas aluvionales, prevenir y minimizar daños.

La intensidad, frecuencia y duración de la lluvia en el área de influencia de cada pluviómetro permite el análisis en tiempo real. Esta red utiliza el mismo tipo de pluviómetro y los mismos criterios de instalación, en cada cuenca, para facilitar y dar confiabilidad de los datos recopilados.

En general, las cuencas mendocinas se caracterizan por una pluviometría media anual variable. Según su ubicación geográfica oscila entre 200 y 300 mm con una distribución irregular a lo largo del año. Este fenómeno se manifiesta puntualmente en las tormentas de verano que producen elevados caudales de escorrentía en cauces aluvionales, daños por inundaciones, inconvenientes con el tránsito, daños en obras civiles y aumentos imprevistos de caudal en la red de riego.

La evaluación de la cantidad y distribución geográfica del agua caída es una herramienta para la toma de decisiones en las Subdelegaciones y/o Inspecciones de Cauce. Estas medidas, realizadas a nivel primario en diques o sobre la red de canales de riego, permiten corregir los caudales que derivan de estos. Asociar la cantidad de lluvia caída con los parámetros que proporcionan los sensores de humedad de suelo, ayudan a la gestión operativa del sistema. Para evitar el enmascaramiento que puede producir el riego superficial sobre el efecto de la lluvia, se instalan sensores de lluvia y humedad de suelo en parcelas sin riego, que validará los casos que puedan confundir el origen del agua en la zona de raíces.

A continuación se enumeran los objetivos a alcanzar con la implementación del sistema MIDO Lluvia:

- Determinación de lámina de agua caída en la zona de influencia de cada pluviómetro, información que se actualiza cada minuto, contando además, con el valor acumulado diario.

- Evaluación de la distribución espacial de la precipitación por Inspecciones de Cauce.
- Permite el ajuste de caudales en la red hídrica, teniendo los datos de lluvia y los de MIDO Suelo como indicadores del alcance de la infiltración.
- Medición del impacto de las precipitaciones en la humedad del suelo de Parcelas Piloto (PP).
- Elaboración de indicadores de desempeño de la gestión hídrica.
- Aporte de datos al Balance Hídrico de las cuencas administradas por el DGI.

Implementación

Para la implementación del sistema MIDO Lluvia, se instalan una red de sensores de precipitación siguiendo una distribución acorde a cada cuenca, que permite interrelacionar los datos entre ellas. De este modo se cumplen los objetivos enunciados precedentemente.

Se han fijado una serie de condiciones de instalación que permitan que el dato obtenido se transforme en información para la toma de decisiones. Entre las condiciones pueden enumerarse:

- Instalación de pluviómetros en parcelas con derecho de riego superficial y en otras sin riego.
- Esta se complementa con sensores de humedad de MIDO Suelo, como indicador de la infiltración de agua de lluvia en dos profundidades y coincide con la máxima densidad de las raíces y por debajo de estas.
- La delimitación de cuencas aluvionales permite seleccionar aquellas de mayor relevancia para la instalación de estaciones. El sitio debe cumplir con algunos requisitos mínimos como posibilidades de acceso simple para mantenimiento y señal de telefonía.

MIDO Lluvia proporciona datos para determinar:

- Cantidad, intensidad y frecuencia de cada evento.
- Cantidad de lámina infiltrada por precipitación.
- Efecto de lluvias de distintos parámetros en zonas aluvionales.
- Estimación del alcance en profundidad de la lluvia en el suelo.
- Confección de mapas de isoyetas. Se trata de planos geográficos que delimitan áreas con líneas de igual precipitación durante un periodo de tiempo dado.
- Gráficos de hietograma que indican la variación de la intensidad de lluvia en función del tiempo.

Además, se implementa un sistema de indicadores donde, mediante un mapa de la cuenca, pueda conocerse la evolución de la distribución a nivel de Inspección o zonal en las distintas áreas administradas.

Metodología de medición

Actualmente todos los puntos de medición de la red de telemetría del sistema MIDO Lluvia son realizados con pluviómetros de cangilón. Estos dispositivos constan de una cubeta con el extremo superior abierto y de sección calibrada. Al precipitar la lluvia, activa un dispositivo llamado cubeta de balancín, cangilón o medidor de pesada, que se carga de agua y al incrementar el peso a uno de los lados de un eje, pivota y este movimiento es captado por un dispositivo que registra el mismo. La cantidad de líquido contenido en la cazoleta varía, pero se expresa en función de la altura equivalente que alcanzaría una cantidad análoga de agua en un metro cuadrado de superficie. Cada pluviómetro tiene una calibración de equivalente en pulsos x mm/m². Este dato es tomado por el PLC, que lo utiliza para incrementar un contador de pulsos interno que es almacenado en un registro de su memoria. Luego lo transmite al servidor de datos central para ser almacenados en la Base de Datos y estar disponibles para su consulta y visualización como se muestra en la como lo muestra la figura en P.59.

Por lo tanto, la precipitación se expresa como la lluvia acumulada desde el inicio del evento. Se evidencia cuando el valor del contador comienza a incrementarse hasta que el conteo se detiene. Con este dato y la duración del evento se puede obtener mediante un sencillo cálculo la intensidad de la precipitación. La disposición de una red de pluviómetros distribuidos estratégicamente a lo largo del territorio permite trazar un mapa de la precipitación, intensidad y desplazamiento geográfico de las lluvias. Esta información se complementa con la de la infiltración del agua en el suelo para caracterizar la efectividad de la precipitación. En función de ello se pueden tomar decisiones respecto a la operación del sistema de riego.

Criterio de ubicación

Cada pluviómetro se debe ubicar en superficie abierta y nivelada de al menos 9 m de diámetro, con la boca a 1,5 m del suelo. Los sensores deben guardar una distancia de al menos diez veces la altura de cualquier edificio cercano, árboles u otras obstrucciones.



Instalación de pluviómetro



Detalle de pluviómetro a cangilón



MIDO Calidad

La implementación del sistema MIDO Calidad tiene como objetivo general analizar el caudal y la calidad del agua que ingresa y sale de las plantas potabilizadoras y depuradoras, en toda la provincia, como así también de los vuelcos de efluentes que el sector industrial vierte a los cauces.

Objetivos de MIDO Plantas potabilizadoras, Plantas depuradoras y Vuelcos industriales

Las plantas potabilizadoras que se consideran dentro de este sistema son aquellas alimentadas con agua superficial (aún no se miden aquellas plantas que abastecen agua a la población a través de perforaciones).

Respecto a las plantas depuradoras se mide el ingreso por los sistemas de bombeo. Al mismo tiempo se proyecta desarrollar, en conjunto con el operador, sistemas de aforo a la salida de las plantas pero es necesario tener previsiones acerca de la seguridad debido a que el vandalismo existente limita la instalación actual.

En cuanto a la calidad en plantas, se están instalando sensores que reportan en tiempo real la conductividad del agua y la abducción a las potabilizadoras, en una primera etapa, para evaluar posibles contaminaciones con variaciones bruscas en la medición. Esto permitirá al operador de la planta activar planes de contingencia internos para desviar el agua posiblemente contaminada a descargas existentes y no ingresarla a los filtros y cisternas de las mismas. Está programada la instalación de sensores de oxígeno en la abducción de las plantas potabilizadoras y en la salida de las plantas depuradoras que permiten establecer desviaciones respecto a contaminaciones de origen orgánico en las potabilizadoras y la eficiencia del tratamiento cloacal en las depuradoras.

1. Objetivos a alcanzar con la implementación del sistema MIDO Calidad en Plantas potabilizadoras:

- Determinación del caudal en forma instantánea y registros históricos para evaluación del operador y del DGI.
- Determinación del parámetro calidad, en este caso conductividad, en forma instantánea y registros históricos para evaluación del operador y del DGI.
- Definir parámetros de caudal y calidad para accionar alarmas instantáneas dadas al operador y al DGI mediante el envío de SMS con las salidas de rango.
- Evaluar los consumos anuales, mensuales y diarios para ajustar los empadronamientos de agua que tiene cada planta.
- Elaboración de indicadores de desempeño de la gestión hídrica.
- Aporte de datos al Balance Hídrico de las cuencas administradas por el DGI.

2. Objetivos a alcanzar con la implementación del sistema MIDO Calidad Plantas depuradoras:

- Determinación del caudal en forma instantánea y registros históricos para evaluación del operador y del DGI.
- Determinación del parámetro calidad, en este caso conductividad, y oxígeno en forma instantánea y registros históricos para evaluación del operador y del DGI.
- Definir parámetros calidad para accionar alarmas instantáneas dadas al operador y al DGI mediante el envío de SMS con las salidas de rango para accionar sistemas de contingencia.
- Evaluar los consumos anuales, mensuales y diarios para ajustar los empadronamientos de agua que se dispone para los regantes que hacen uso de este recurso para evaluar las superficies cultivadas (ACREs).
- Elaboración de indicadores de desempeño de la gestión hídrica.
- Aporte de datos al Balance Hídrico de las cuencas administradas por el DGI.

3. Objetivos de MIDO Calidad Vuelcos industriales

- Determinación del caudal en forma instantánea y registros históricos para evaluación del establecimiento y del DGI.
- Determinación del parámetro calidad de acuerdo a la actividad productiva del establecimiento en forma instantánea y registros históricos para evaluación del mismo y del DGI.
- Definir parámetros calidad para accionar alarmas instantáneas al establecimiento y al DGI mediante el envío de SMS con alertas para accionar sistemas de contingencia.
- Evaluar los consumos anuales para ajustar los empadronamientos del Registro Único de Establecimientos (RUE).
- Elaboración de indicadores de desempeño de la gestión hídrica.
- Aporte de datos al Balance Hídrico de las cuencas administradas por el DGI.

Conceptos básicos de calidad del agua

Un aspecto importante de la gestión del recurso hídrico es garantizar que la calidad del mismo esté dentro de los requerimientos para el uso al que está destinado. Para ello es necesario determinar los parámetros de calidad, tanto del recurso captado como del entregado, ya que el mismo pasa por distintos puntos del sistema en los que puede sufrir alteraciones. Las aguas naturales forman parte de un ciclo continuo conocido como ciclo hidrológico. A medida que se desplaza por la atmósfera se le incorporan otros elementos y materiales. Al escurrir a través de la corteza terrestre toma algunas de las propiedades de la misma, ya sea agua superficial o subterránea.

Ambas están sujetas a contaminación por acción del hombre y pueden transformarse en nocivas e inapropiadas para el consumo u otros usos.

Es por ello que se determinan parámetros o variables que son indicadores de la calidad del agua en los ríos donde se toman muestras, en pozos de muestreo de los acuíferos, en embalses, canales principales o matrices y en algunos puntos de la red de distribución.

Características físicas del agua

El aspecto físico del agua se considera por su apariencia, la cual puede ser percibida por los sentidos. Según el manual de control de calidad del agua del SENA (3). Las características físicas del agua son:

- Turbiedad
- Color
- Temperatura
- Olor
- Sabor

Turbiedad

La turbiedad es el efecto óptico causado por la dispersión y absorción de los rayos luminosos que pasan a través del agua que contiene pequeñas partículas en suspensión. Puede ser causada por el cieno o fango extraído del suelo o por escurrimientos superficiales que contienen materia suspendida orgánica y mineral.

La turbiedad del agua se determina a través de un turbidímetro, el que está formado por una fuente de luz, un sistema de lectura de la luz que pasa a través del agua contenida en un recipiente blanco transparente o de la luz que dispersan las partículas y una escala de medida. Se expresa en unidades nefelométricas o en unidades de turbiedad.

Tipos de Color

- **Color verdadero:** es el que está presente en el agua después de remover la materia suspendida.
- **Color aparente:** es el color verdadero más cualquier otro color que produzcan las sustancias en suspensión. El color se determina por la comparación de la muestra con patrones previamente valorados.

Se expresa en unidades de color o unidades platinocobalto.

Temperatura

Es importante por el efecto sobre las propiedades físicas afecta la velocidad, las reacciones químicas y la solubilidad de los gases, también amplía sabores y olores del agua y determina el desarrollo de los organismos presentes.

Se determina con un termómetro y se expresa en grados centígrados (°C).

Olor

Las impurezas orgánicas disueltas producen olores y sabores indeseables que son difíciles de evaluar por su naturaleza sugestiva. Los olores en el agua son debidos a pequeñísimas concentraciones de compuestos volátiles. La intensidad y lo ofensivo de los olores varía con el tipo: algunos son de tierra y moho, mientras que otros son putrefactos y producidos por la polución con desechos industriales, tales como fenoles y los derivados del petróleo.

En las aguas superficiales el olor es causado por el plancton. Estos organismos desprenden pequeños vestigios de aceites esenciales volátiles.

Sabor

Las sales metálicas como la del cobre, el zinc o el hierro causan sabores metálicos. El sabor está relacionado con el olor y es causado por las mismas condiciones. La materia mineral disuelta causa sabor en el agua. Los cloruros y sulfatos mayores a 250 mg/l (miligramos por litro) hacen que el agua tenga sabor salado.

Características químicas del agua**Conductividad**

Hay otros indicadores de la calidad del agua, pero algunos suelen ser más generales al momento de determinar la utilidad del recurso para sus diversos usos. Uno de los más representativos es la **conductividad**.

La conductividad de una sustancia se define como la habilidad o poder de conducir o transmitir calor, electricidad o sonido. El agua pura es un buen conductor de la electricidad debido a que la corriente eléctrica se transporta por medio de iones en solución, por lo que la conductividad aumenta cuando aumenta la concentración de iones. En muchos casos, la conductividad está directamente vinculada a la cantidad de sólidos totales disueltos (TDS). El índice TDS (siglas en inglés de Total Dissolved Solids) es una medida de la concentración total de iones en solución. Esto se puede usar para determinar la aceptabilidad de un análisis químico del agua y no se aplica en agua residuales crudas sin ningún tratamiento o en aguas residuales industriales con amplia contaminación. Este tema se verá más adelante en el tratamiento de efluentes.

La conductividad eléctrica de una solución de un electrolito se mide determinando la resistencia de la solución entre dos electrodos separados por una distancia fija. Se utiliza una tensión alterna para evitar la electrólisis. Las frecuencias más utilizadas están en el rango 1 a 3 kHz. La dependencia de la frecuencia suele ser pequeña. Se mide con un conductímetro. Está disponible comercialmente en una gran variedad de instrumentos. Hay dos tipos de celdas: el tipo clásico con electrodos planos o cilíndricos y un segundo tipo basado en la inducción.



La conductividad eléctrica se define como el cociente entre la densidad de corriente (A/m^2) y la intensidad eléctrica del campo eléctrico (V/m) y es opuesta a la resistividad (Ω/m). Su unidad es el Siemens por metro (S/m).



Sensor de conductividad por inserción

Acidez o alcalinidad

La acidez del agua es una medida de la cantidad total de sustancias ácidas presentes (iones de hidrógeno, H⁺). La acidez mineral o acidez fuerte se da cuando el pH es menor a 4.3, lo que produce malos olores y sabores. La acidez débil se encuentra cuando el pH del agua está entre 4.3 y 8.3. Este tipo de acidez no tiene ningún efecto adverso en la salud, pero trae problemas de corrosión en las tuberías. La acidez desaparece en el agua cuando el pH es mayor de 8.3.

Alcalinidad es la capacidad que tiene el agua para reaccionar ante un ácido. Se debe frecuentemente a la presencia de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos. En aguas naturales se debe a la disolución de rocas calizas que aportan bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos de calcio, magnesio, sodio, hierro y otros elementos. Cuando el pH del agua es mayor a 8.3 se debe a la presencia de hidróxidos en el agua y de algunos carbonatos. Si el pH del agua está entre 4.3 y 8.3, la alcalinidad se debe a la presencia de bicarbonatos y carbonatos. Cuando el pH del agua es menor de 4.3 no hay alcalinidad.

El pH es la forma de medir el ion de hidrógeno (H⁺) o el ion de hidróxido (OH⁻). El pH es igual al logaritmo en base 10 del inverso de la concentración del ion hidrógeno:

Cálculo de pH: **$\text{pH} = \log_{10} (1/[\text{H}^+])$**

- pH neutro cuando es igual a 7
- pH ácido cuando es menor de 7
- pH alcalino cuando es mayor de 7

El pH se determina por la comparación colorimétrica o por potenciometría y se expresa en unidades de pH.

Cloro residual

La cloración en los abastecimientos públicos de agua es el proceso más importante para la obtención de agua adecuada para el consumo humano. La desinfección es la eliminación parcial o total de los microorganismos presentes en el agua. La eficiencia de la cloración depende de:

- La dosis de cloro que se adiciona al agua.
- El tiempo de contacto del cloro con el agua.
- La temperatura del agua.
- La calidad del agua.
- El pH del agua

La dosis de cloro se determina mediante el ensayo de la demanda de cloro.

Sulfatos

Por regla general, todas las aguas naturales contienen sulfatos y estos provienen de los suelos que son ricos o que contienen cantidades apreciables de yeso y minerales similares. El ciclo biológico del azufre y los sulfatos también puede existir en el estado de oxidación de la materia orgánica, pero ellos a su vez servirían de fuente de energía a cierto tipo de bacterias que usan el elemento en su metabolismo. Los sulfatos en fuentes superficiales pueden provenir también de contaminaciones por residuos industriales como las curtiembres, plantas electrolíticas, industrias textiles o en industrias que usen sulfatos, ácido sulfúrico o sus derivados.

El límite de sulfatos para aguas destinadas a consumo humano se basa no solo en factores como el gusto desagradable que pueden producir, sino también en los efectos laxantes que éstos pueden tener. El límite que parece ser el más aceptado es el de 250 mg/l, aunque algunas comunidades usan aguas con índices de sulfatos por encima de este sin que se presenten efectos adversos notorios.

Nitrógeno

Los principales problemas medioambientales asociados a la contaminación por nitrógeno inorgánico en los ecosistemas acuáticos son:

- Acidificación de ríos y lagos con baja o reducida alcalinidad.
- **Eutrofización** de las aguas dulces y marinas (con el problema adicional de las algas tóxicas) y toxicidad directa de los compuestos nitrogenados para los animales acuáticos.
- Contaminación por nitrógeno inorgánico que podría producir efectos perjudiciales sobre la salud humana.

La contaminación de las aguas por nitratos constituye uno de los principales problemas de las aguas subterráneas y es el origen de la existencia de acuíferos actualmente afectados. La persistente y creciente acción de diversas fuentes tanto puntuales (actividades industriales y urbanas, vertidos líquidos y lixiviados de residuos sólidos), como difusas en el sector agrícola, degradan napas y acuíferos. Entre estas pueden destacarse:

- El nitrógeno de origen atmosférico, especialmente importante en áreas industriales.
- Los vertidos inadecuados de las actividades industriales o almacenamiento de materias primas sin el debido control.
- Los vertidos a cauces superficiales o directamente al suelo de efluentes urbanos con o sin tratamiento previo.



Eutrofización: En ecología el término eutrofización designa el enriquecimiento en nutrientes de un ecosistema. El uso más extendido se refiere específicamente al aporte más o menos masivo de nutrientes inorgánicos en un ecosistema acuático.



Lixiviación: proceso por el cual se extrae uno o varios solutos de un sólido, mediante la utilización de un disolvente líquido. También es aplicable el término en ecología para indicar el desplazamiento hacia los ríos y mares de los desechos y excrementos, además de otros contaminantes como pueden ser los fertilizantes (esto es producido por el mismo proceso indicado para el fenómeno químico). Es considerado el fenómeno de desplazamiento de nutrientes cuando estos son arrastrados por el agua debido a la deforestación antropogénica (causada por el hombre).

- La inadecuada gestión de lixiviados procedentes de vertederos de residuos sólidos urbanos.
- El excedente de nitrógeno procedente de fertilizante no asimilado por los cultivos y lixiviado al acuífero a través de la zona no saturada.
- Los efluentes originados en las explotaciones ganaderas intensivas por acumulación e incorrecta eliminación de los mismos.

La incorporación se produce por la **lixiviación** de suelos agrícolas fertilizados con abonos inorgánicos, la eliminación o aplicación de los residuos ganaderos y el sostenido aumento en el uso de los plaguicidas. Otro de los factores, que junto con las prácticas agrarias contribuye a la incorporación de nitratos al flujo subterráneo, es el hidrogeológico. La litología, permeabilidad y espesor de la zona no saturada del acuífero condiciona las reacciones que se producen en el tránsito del nitrato desde la zona radicular de los cultivos hasta el nivel de agua y por tanto, la cantidad de nitrato que se incorpore al flujo subterráneo.

La lluvia y el riego ejercen un importante papel como vehículo de transporte de los compuestos de nitrógeno. La disminución de vegetación natural, reemplazo de cultivos por urbanización y zonas “tapón” (zanjas, acequias, drenajes, etcétera), favorecen la erosión, la escorrentía y el drenaje más rápido de nutrientes a las aguas superficiales y subterráneas.

Oxígeno disuelto

El Oxígeno Disuelto (OD) es la cantidad de oxígeno que está disuelto en el agua. Es un indicador del nivel de contaminación que posee el agua o de los índices de esta para la vida vegetal y animal. Generalmente, un nivel más alto de oxígeno disuelto indica agua de mejor calidad. Si los niveles de oxígeno disueltos son demasiado bajos, algunos peces y otros organismos no pueden sobrevivir.

El OD en el agua proviene del oxígeno en el aire que se disuelve en el agua. Las turbulencias que provoca el río influye el OD aumentándolo, mientras que los ríos sin velocidad lo disminuyen. Parte del oxígeno disuelto en el agua es el resultado de la fotosíntesis de las plantas acuáticas, por lo que ríos con muchas plantas en días de sol pueden presentar sobresaturación de OD. Otros factores como la salinidad o la altitud (debido a que cambia la presión) también afectan los niveles de OD.

Además, la cantidad de oxígeno que puede disolverse en el agua (OD) depende de la temperatura. El agua más fría puede contener más oxígeno en ella que el agua más caliente.

Los niveles de oxígeno disuelto típicamente pueden variar de 7 y 12 partes por millón (ppm o mg/l). A veces se expresan en términos de porcentaje de saturación.

Los niveles bajos de OD pueden encontrarse en áreas donde el material orgánico (vertidos de depuradoras, granjas, plantas muertas y materia animal) está en descomposición. Las bacterias requieren oxígeno para descomponer desechos orgánicos y por

lo tanto, disminuyen el oxígeno del agua.

Características bacteriológicas

La variedad de bacterias existentes están distribuidas en la naturaleza y las que viven en el agua tienen fundamental importancia sanitaria. El agua puede contener parásitos, bacterias, virus y protozoos que se descargan mediante los desperdicios del tipo animal y humano, ya que el hombre acostumbra arrojar sus residuos a la corriente de agua más cercana.

Encontramos en el agua bacterias patógenas que causan enfermedades al hombre y a los animales. Entre ellas se encuentran:

- Fiebre tifoidea
- Disentería
- Cólera
- Diarrea o gastroenteritis
- Erupciones cutáneas.

El indicador de calidad bacteriológica del agua es la bacteria **Escherichia Coli**.

Efluentes

El desbalance entre el recurso hídrico y el crecimiento explosivo de las grandes ciudades ha obligado a priorizar el uso de aguas superficiales para abastecimiento público y generación de energía eléctrica. Como consecuencia, la actividad agrícola ubicada en la periferia de las ciudades se ha visto seriamente afectada y se ha optado por el uso las aguas residuales como complemento del riego agrícola.

En hidrología se usa el término aguas residuales o efluentes para nombrar a las aguas servidas con desechos sólidos, líquidos o gaseosos que son emitidos por viviendas y/o industrias, generalmente a los cursos de agua; o que se incorporan a estas por el escurrimiento de terrenos causado por las lluvias.

No debe confundirse con **contaminación**.

La contaminación puede ser química (mediante elementos o compuestos químicos en estado sólido, líquido o gaseoso), física (calor, ruido, radioactividad), o biológica (bacterias, virus y otros microorganismos).

A continuación se definen los conceptos correspondientes a las condiciones en la cuales se encuentra el agua y que serán de uso frecuente en el capítulo siguiente:

Agua cruda

Es aquella que no ha recibido tratamiento alguno, como el agua de los ríos, de una quebrada, de un manantial o de un acueducto, donde no se ha realizado ningún procedimiento de potabilización.



Ninguna muestra de agua que se suministra a una comunidad debe contener E.coli en 100 miligramos de muestra.



*Se denomina **contaminación** a la aparición de una nueva sustancia en un sistema natural (atmósfera, aguas, suelos) o al aumento de la concentración de una sustancia del sistema superando las variaciones típicas, aceptables o naturales.*

Agua tratada

Es agua que después de ser captada recibe tratamiento en una planta, alterando su estado físico - químico y bacteriológico mediante la adición de coagulantes y/o desinfectantes para eliminar las impurezas y bacterias que contiene.

Agua potable

Es el agua que no implica ningún riesgo para la salud del consumidor y no produce daños en los bienes materiales.

Aguas residuales

Las aguas residuales son las aguas usadas y los sólidos que por uno u otro medio se introducen en las cloacas y son transportadas mediante el sistema de alcantarillado. Su origen puede ser:

- Aguas residuales domésticas: líquidos provenientes de las viviendas y edificios comerciales e institucionales.
- Aguas residuales municipales o urbanas: residuos líquidos transportados por el alcantarillado de una ciudad o población y tratada en una planta de tratamiento municipal. A estas dos últimas se las suele llamar líquidos cloacales.
- Aguas residuales industriales: provienen de la descargas de industrias de manufacturas.

Cuando un vertido de agua residual sin tratar llega a un cauce produce varios efectos sobre él:

- Tapiza la vegetación de las riberas con residuos sólidos gruesos como plásticos, utensilios, restos de alimentos, etcétera.
- Acumula sólidos en suspensión sedimentables en el fondo y orillas del cauce como arenas y materia orgánica.
- Consume el oxígeno disuelto que tiene el cauce por descomposición de la materia orgánica y compuestos amoniacales del agua residual.
- Formación de malos olores por agotamiento del oxígeno disuelto del cauce que no es capaz de recuperarse.
- Entrada en el cauce de grandes cantidades de microorganismos entre los que pueden haber elevado número de patógenos.
- Contaminación por compuestos químicos tóxicos o inhibidores de otros seres vivos (dependiendo de los vertidos industriales).
- Aumenta la eutrofización (incremento de sustancias nutritivas en aguas dulces de lagos y embalses que provoca un exceso de fitoplancton) al portar grandes cantidades de fósforo y nitrógeno.

Actualmente se lleva a cabo desde el DGI una completa y adecuada caracterización de los efluentes resulta de suma importancia para controlar la calidad de nuestros cauces. Las mediciones necesarias logran mediante el empleo de soluciones simples como la toma de análisis físico-químicos necesarios, hasta las de mayor complejidad totalmente automatizados como muestras compensadas en función del caudal y el uso de

modernos equipos de muestreo y aforo, como MIDO Cauce y MIDO Calidad.

Efluentes municipales o urbanos

En muchos países fue necesario modificar la normativa de manera que los estándares de calidad contemplen diversos factores antes mencionados. En el aprovechamiento de aguas residuales y lodos o subproductos del tratamiento biológico, las medidas para proteger la salud se pueden agrupar en cuatro grandes categorías:

1. Tratamiento de los residuos (aguas residuales y lodos).
2. Restricción de cultivos.
3. Métodos de aplicación de los residuos.
4. Control de la exposición humana:
 - a. Agricultores y sus familias.
 - b. Personas que manejan los productos cultivados.
 - c. Consumidores (de productos cultivados, carne y leche).
 - d. Personas que viven cerca de los campos de cultivo.

La utilización de efluentes requiere tratamientos y controles adecuados que aseguren la ausencia de riesgos para la salud humana y animal y eviten la contaminación de aguas superficiales y de napas freáticas durante su manipulación, almacenamiento y uso.

Las principales restricciones para su utilización son:

- El contenido de elementos pesados.
- El contenido de orgánicos trazadores.
- La presencia de patógenos.

Efluentes industriales

Los compuestos orgánicos e inorgánicos se encuentran en aguas residuales procedentes de instalaciones industriales diversas. A diferencia de las aguas residuales domésticas, los efluentes industriales contienen con frecuencia sustancias que no se eliminan por un tratamiento convencional, por estar en concentraciones elevadas, o por su naturaleza química. Muchos de los compuestos orgánicos e inorgánicos que se han identificado en aguas residuales industriales son objeto de regulación especial debido a su toxicidad o a sus efectos biológicos a largo plazo.

El reúso en Mendoza

En la Provincia existen más de 20 Áreas de Cultivos Restringidos Especiales (ACRE) que abarcan más de 7 mil hectáreas en las cuales los cultivos se riegan con efluentes domésticos tratados bajo estrictas normas sanitarias establecidas por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Los efluentes tratados de plantas depuradoras cloacales

constituyen un recurso hídrico adicional que merece ser considerado dentro de la gestión integral del agua a fin de hacer frente al crecimiento de la demanda. El afianzamiento del reúso agrícola ha sido contemplado dentro de las iniciativas estratégicas del Plan Agua 2020 y también incluido como aspecto clave en el Plan Provincial de Ordenamiento Territorial.

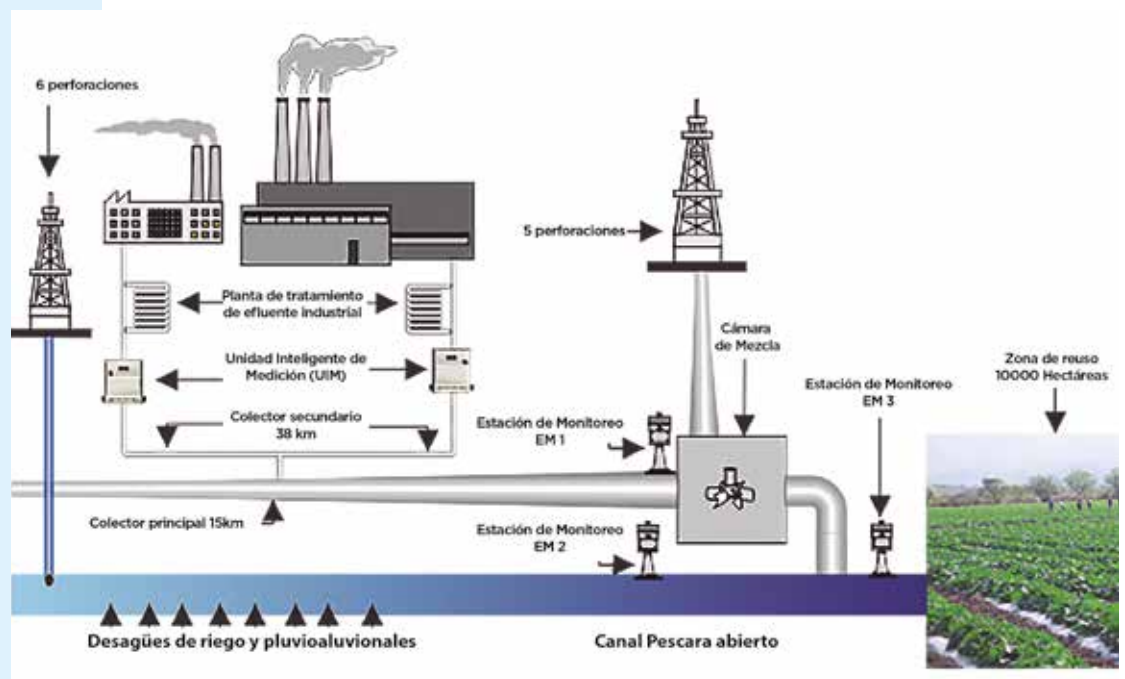
Con esta práctica, además, se completa el tratamiento que se lleva a cabo en las plantas depuradoras de efluentes y se incorporan nutrientes a los suelos, logrando un aprovechamiento económico que adquiere importancia en una zona árida como Mendoza.

Para que estos beneficios sean sostenibles es necesario cumplir pautas de manejo que preserven la salud de agricultores y consumidores, así como también la calidad ambiental. En este sentido, el Departamento General de Irrigación emitió la Resolución 400/03 del HTA orientada al mejor aprovechamiento de los efluentes cloacales.

En este proceso es fundamental involucrar a otros organismos, ya sea académicos o de gestión, que deben sumarse para mejorar la normativa y propiciar un uso beneficioso del agua de reúso para toda la sociedad.

Ejemplo: Colector Pescara

Originalmente, este colector cumplía exclusivamente las funciones de colector de desagües de riego y pluvioaluvionales. Posteriormente, el crecimiento urbano e industrial y la falta de una adecuada infraestructura de tratamiento y disposición de los efluentes provenientes de los establecimientos industriales asentados en el área de influencia, hizo que gran parte de estos efluentes tuvieran como lugar de disposición este colector.

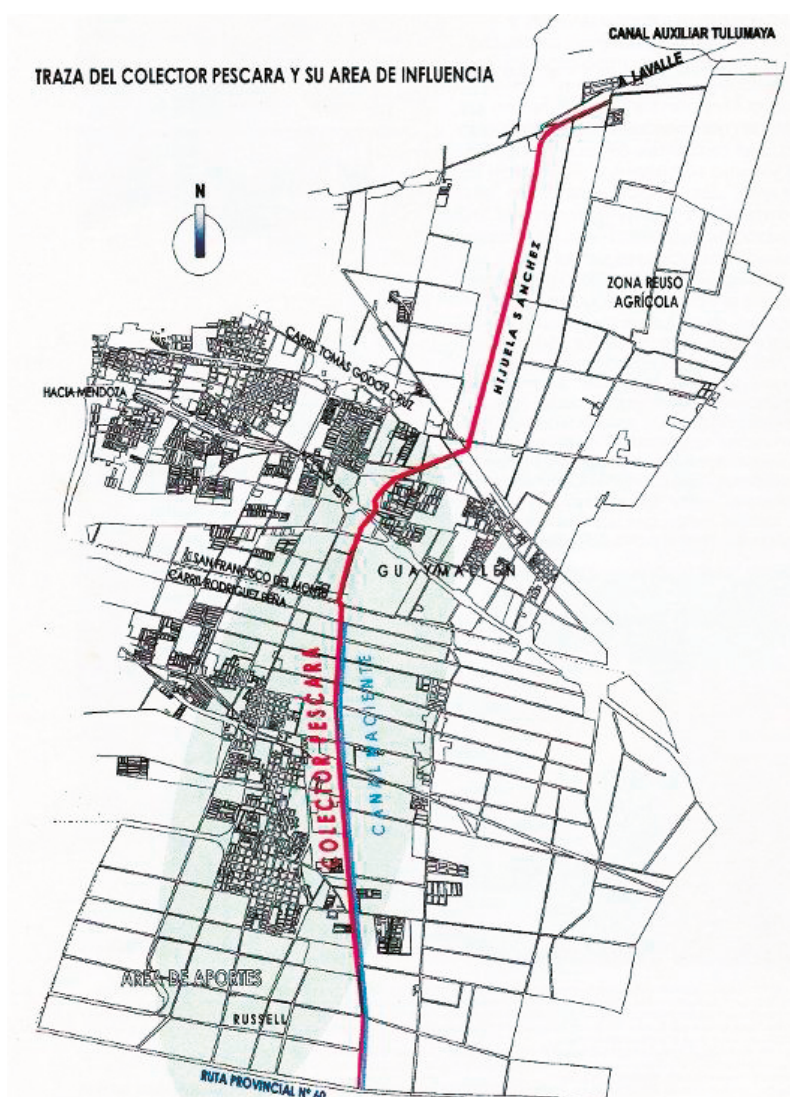


Esquema funcional del Sistema Colector Pescara de reúso de efluentes industriales

Ante este problema, la solución consistió en la construcción de un conducto principal de 15 km, que se extiende desde la RP N° 60 en Maipú, hasta el carril Godoy Cruz en Guaymallén. A este conducto principal se anexó una trama de conducciones secundarias, de 35 km de longitud total, que parte de las industrias y se conecta con el conducto principal.

Este conducto guía los efluentes hasta la actual zona de riego en el Departamento de Guaymallén. Estos efluentes pasan previamente por una cámara de mezcla en la cual una batería de 11 pozos agregan agua subterránea con el objetivo de atemperar la concentración salina del líquido. Una vez superada la cámara de mezcla, el líquido se distribuye para ferti riego.

Las industrias involucradas en este nuevo sistema debieron minimizar la carga contaminante de sus efluentes implementando las medidas pertinentes, tanto en la etapa de producción y servicio como en los pre-tratamientos o tratamientos. También se instaló un equipo de medición y registro continuo de valores de caudal, conductividad eléctrica y pH. Estos equipos reportan los valores registrados durante las 24 hs del día, realizando lecturas cada 1 minuto para el control exhaustivo de la calidad del efluente.



Croquis de ubicación del Sistema Colector Pescara de reuso de efluentes industriales

INDICADORES DE GESTIÓN



IRRIGACIÓN

Departamento General
de Irrigación

Más de 1.500 millones de datos recolectados a través de 562 puntos de medición instalados en toda la provincia de Mendoza son los indicadores que generarán las variables que luego pueden ser combinadas y examinadas. Los resultados analizados servirán para tomar decisiones en el momento de generar políticas hídricas, confeccionar Balances Hídricos o monitorear y modificar la distribución del agua.

Indicadores para la Gestión de Recursos Hídricos

Características

Los indicadores para la gestión del agua son una herramienta importante en el desarrollo de las políticas hídricas, en el establecimiento de metas y objetivos y en el monitoreo de su funcionamiento. La combinación apropiada de indicadores ayuda a comprobar el cumplimiento de los objetivos de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH), y si es el caso, puede proporcionar una herramienta para ayudar a reformular las políticas y programas de gestión.

Estos indicadores también se utilizan como referencia del funcionamiento y eficiencia de la distribución del recurso por parte de entidades como Inspecciones de Cauce o Asociaciones de Riego, o en el caso de empresas distribuidoras de agua potable, cooperativas y otras que estén asociadas o supervisadas a través del sistema de medición MIDO.

Uso de los indicadores

Los indicadores pueden usarse para examinar y comparar:

- Las variaciones temporales y espaciales en los elementos del ciclo del agua, tales como disponibilidad de los recursos hídricos ($\text{m}^3/\text{persona/año}$) y el uso del agua ($\text{litros/persona/día}$), entre otros.
- Eficiencia en el uso del agua.
- La efectividad y eficiencia de la distribución (por ejemplo costos del agua ($\$/\text{m}^3$), cantidad de hogares servidos, áreas servidas por diferentes tipos de sistemas de irrigación).
- Calidad del agua.
- Cumplimiento en el servicio de abastecimiento de agua.

Se pueden desarrollar otros indicadores para estimular la reforma de la gestión del recurso hídrico. Tales indicadores pueden tratar de evaluar la relación entre el abastecimiento del agua y la pobreza o la equidad de la asignación del agua por sectores teniendo en cuenta su valor económico y social.

Los indicadores arrojan datos de distintos niveles como cuencas hidrográficas, represas o a lo largo de límites compartidos nacional e internacionalmente. Sin embargo, una condición previa importante es que el sistema de recolección de datos

refleje las prioridades del gobierno y las necesidades de la sociedad, es decir, que sea confiable.

Lecciones aprendidas

La experiencia con los indicadores de desarrollo ha demostrado que:

- Diseñar indicadores representativos es relativamente sencillo, pero recolectar datos que sean significativos, confiables y consistentes es más complicado.
- Aunque los indicadores simples fallan al reflejar variaciones importantes, éstas son herramientas poderosas para generar conciencia y voluntad política.
- Los indicadores son mejor utilizados en “grupos”, ya que una combinación de indicadores presentará más efectivamente “la historia completa” esencial para una GIRH. La combinación apropiada dependerá de las circunstancias locales.
- Es esencial que los elementos de los datos de los indicadores sean definidos con precisión cuando se usen para comparar diferentes regiones, países o servicios de agua.
- Los valores de los indicadores o de los índices deben revisarse críticamente, por ejemplo: un valor desconocido de un índice debe ser investigado y explicado.



indicadores de gestión: ejemplo 1

La información que obtenemos de esta imagen a partir de la generación de un turnado de riego y su verificación de caudales obtenidos a partir del sistema MIDO.

De esta manera podemos tener un estado de situación de cada uno de los canales que estamos dotando con agua en tiempo real, siendo el valor óptimo 1.

Valores que se muestran en la gráfica:

- **Índice de distribución:** es la relación entre el caudal de distribución y el caudal real obtenido con el sistema MIDO.



Indicadores de gestión: ejemplo 2

La información que obtenemos en la imagen precedente es a partir de la generación de un turno de riego y su verificación de caudales obtenidos a partir del sistema MIDO. Esto a su vez es comparado con la cantidad de hectáreas que están habilitadas o no para recibir el agua.

De esta manera podemos tener un estado de situación de cada uno de los canales que estamos dotando con agua en tiempo real.

Valores que se muestran en la gráfica:

- Caudal Real: es el caudal que se obtiene del Sistema MIDO para ese canal.
- Caudal Programado: es el caudal que se programa en el sistema de turno de la Subdelegación.
- Has Riego (HASI): son las hectáreas que se encuentran en situación regular, lo que les permitiría recibir la dotación de agua.
- Has Riego_no (HANO): son las hectáreas que se encuentran en situación irregular, lo que no les permitiría recibir la dotación de agua.

Administración de datos

Almacenamiento y procesamiento de datos

Consiste en tomar los datos provistos por el sistema de comunicaciones y disponer de su interpretación, almacenamiento, aseguramiento y su posterior procesamiento a fin que pueda ser utilizado con diversos fines y visualizado por operarios y público en general.

La trama mencionada en el apartado anterior es captada por el enrutador del DGI, el cual redirecciona la misma hacia un servidor de telemetría que contiene un sistema SCADA. Dicho sistema actúa en varias fases:

1. Adquisición: es el proceso encargado de diferenciar las tramas l como llegan al servidor y guardarlas en una base de datos (BD) para su posterior procesamiento y control.

2. Procesamiento y control: otro evento se ejecuta cada cierto tiempo para procesar las tramas que se encuentran en la base de datos. Cada una de las tramas identifica a un PLC que a su vez

trae consigo la información de las mediciones de cada uno de los sensores que componen el equipo. El proceso tiene como función cargar y controlar dichos valores, para cada uno de los sensores con el fin de poder ser presentados como datos coherentes.

3. Administración: existe una aplicación web para la administración de las tramas, equipos y sensores. Tiene como objetivos: permitir que personal autorizado controle y gestione los datos de calibración y mediciones de los sensores, generar alarmas y alertas, establecer cálculos de otras variables de forma indirecta, como curvas de gasto y manejar la información de la trama de una forma flexible.

Visualización de la información

La visualización de la información es abierta y pública. Los datos, una vez recibidos desde cada punto, son cargados en una base y estos pueden ser visualizados desde cualquier dispositivo con conexión a Internet. Se pueden ver simplemente ingresando a la página del DGI www.agua.gob.ar o utilizando la aplicación MIDO AGUA. Esta aplicación puede instalarse en teléfonos celulares con sistema operativo Android descargándola, gratuitamente, desde Play Store de Google.

En ellas se puede encontrar cada punto de medición por su nombre, seleccionando la cuenca donde se encuentra el canal, arroyo o río, o identificándolo en el mapa disponible en la página. La información expuesta depende del tipo de variable que determina el sensor en ese punto de medición. En el caso de caudales, como ya se explicó, se mide el nivel y a partir de este dato se calcula el caudal, por ello se visualiza el nivel medido, el caudal calculado y la fecha y hora de último dato relevado. Al mismo tiempo se ve dónde está ubicada la medición sobre la imagen satelital georeferenciada similar a los buscadores de mapas o GPS. Por ser una interfaz muy intuitiva permite que la visualización sea sencilla de usar para la gran mayoría de los usuarios habituados a este tipo de tecnología y muy simple para que alguien sin experiencia lo pueda comenzar a utilizar rápidamente.

Sitio Web

Para poder observar los datos por medio de página web hay que ingresar al sitio del DGI: www.agua.gob.ar y acceder a puntos de medición:



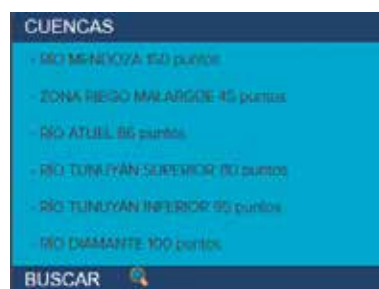
Acceso desde home page del DGI

Otra forma de hacerlo es ingresando la siguiente dirección en el navegador: <http://www.agua.gob.ar/mido>. Sin importar cuál sea la ruta que utilizemos veremos la siguiente pantalla:



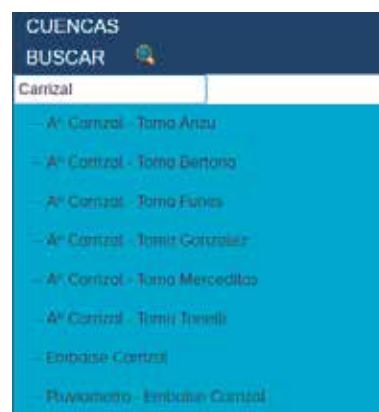
MIDO desde sitio Web del DGI

En la parte izquierda de la pantalla tenemos las diferentes cuencas: río Mendoza, Zona de riego Malargüe, río Atuel, río Tunuyán Superior, río Tunuyán Inferior y río Diamante; con la respectiva cantidad de puntos instalados.



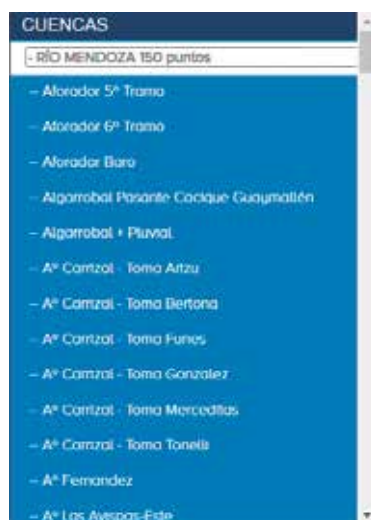
pantalla de las diferentes Cuencas

Tiene un buscador por si se conoce el nombre del punto que se quiere visualizar.



Buscador del punto a visualizar

Al seleccionar alguna de las cuencas se despliegan todos los puntos que contiene.



Despliegue de todos los puntos de una cuenca

En la parte central de la pantalla se mostrará su ubicación en el mapa como así también los datos de medición de dicho punto.



Datos sobre el punto, nivel de agua y caudal

App sistema Android. MIDO AGUA

Como se mencionó anteriormente la segunda opción para poder visualizar los datos es por medio de una aplicación para celulares con sistema operativo Android. El celular debe tener conexión a internet para poder observar los datos de la red MIDO.

Para instalar la aplicación entramos a Play Store desde el celular y en el buscador tipeamos MIDO AGUA.



Cada vez que la MIDO AGUA se encuentre acompañado de un número, por ejemplo MIDO AGUA 2, se trata de una actualización.



Instalación desde Google Play Store

Al abrir la aplicación, la siguiente pantalla nos mostrará información sobre las distintas Subdelegaciones del DGI, Asociaciones e Inspecciones.



Nota al margen
Se recomienda actualizar la aplicación en el teléfono móvil, ya que no se hace automáticamente.



Aplicación MIDO para Android

Para poder ver los datos de MIDO seleccionamos cuentas que desplegará el listado de las mismas y la cantidad de puntos de medición instalados en cada una de ellas.

También se puede buscar cualquier punto presionando la lupa que se encuentra en la parte superior:



Pantalla de cuencas para aplicación Android MIDO

Seleccionando uno de los puntos nos mostrará su ubicación y datos de medición.



Pantalla punto de Aplicación Android MIDO

Programa de gestión de datos

Ingreso al sistema. Ingresar a la plataforma de gestión a través de la siguiente dirección: www.agua.gob.ar/telemetria/admin

Identificarse: *Usuario y Clave (solicitando el acceso a mido@agua.gob.ar).*

Se desplegará un menú con las siguientes opciones:



Opciones de edición de gestión de MIDO

Visualización de datos de medición de un punto

Para visualizar los datos arrojados por un punto en particular, se selecciona el punto y se oprime el botón Medición como se muestra en la siguiente figura:



The screenshot shows the MIDO system interface. At the top, there is a row of icons: a plus sign, a pencil, a trash can, a location pin, a water drop, and a red circle with a white 'X' labeled 'MEDICIÓN'. Below the icons is a search bar with the text 'Buscar por' and a dropdown menu for 'Id'. Below the search bar is a text input field for 'Sensor:'. Below the search bar is a table titled 'Listado de MaestroSensor'.

ID	CODIGO	NOMBRE	LONGITUD	LATITUD	HABILITADA
678	191	Hijuela Chacras-Escuela	-68.880767	-32.986305	true
679	193	Hijuela Solanilla Calle Videla Aranda	-68.816077	-33.029786	true
799	2070	R ² Vjo. Retamo - H ² 4 ^o Rasgo	-68.3776779	-33.2006187	true
666	187	Canal Santander Cjon Villanueva	-68.894841	-33.05876	true
667	188	Canal Santander Calle Olavarria	-68.868902	-33.069433	true
424	141	Rama Algarrobal	-68.8139183359	-32.87012401	true
454	153	Canal Flores-Triple Comparto	-68.9005426759	-33.1408923036	true
425	142	Rama Mathus Hoyos	-68.8374338025	-32.9285896023	true
692	180	Hijuela Divisadero Norte	-68.35553	-32.91098	true
434	144	Hijuela Civit	-68.8621924514	-32.9420996942	true
801	20012	California 5	0.0	0.0	true
808	20009	California 2 - Derecha	0.0	0.0	true
407	132	Planta Cloacal Costa de Araujo-Aysam	-68.3965475554	-32.7595875466	true
383	120	Planta Lunita-Malibu	-68.8555027023	-33.0430070203	true

Visualización de datos de medición de un punto
Al presionar botón de Medición se mostrarán los datos del punto en el costado derecho de la pantalla.

Hijuela Chacras-Escuela



Altura
21.4 cm

Tensión
11.15 Vcc

Sin Tipo Definido
290.0 Cuentas

Fecha Ultima Medicion 2016-06-29 10:18:00

Visualización de datos del punto de gestión MIDO

Visualización de datos históricos

Para visualizar los datos históricos de un punto se selecciona el mismo y se oprime el botón Históricos, el cual nos ofrece dos tipos de históricos: uno **Simple** y uno **Compuesto**.

Se selecciona el **Simple**, si solo quiere visualizarse el de un punto en particular. Nos mostrará la siguiente información a completar: fecha de inicio y la hora, la fecha de fin y la hora. Seleccionamos el tipo de histórico que queremos visualizar, es decir datos por día, hora o minuto y, por último, el sensor a mostrar. Presionando

el botón Buscar se mostrará una tabla con los valores, la cual tiene la opción de descargar a un archivo de Excel, y una Gráfica. El **Compuesto** nos permite comparar, por ejemplo, los datos arrojados de altura de dos puntos específicos. Para buscar un histórico compuesto se debe seleccionar primero uno de los puntos y presionar el botón de **Histórico Simple**, luego seleccionar el otro punto a comparar y presionar el botón de **Histórico Compuesto**. Al igual que la opción anterior, se mostrará una Tabla con los valores, la cual tiene la opción de descargar a un archivo de Excel, y una gráfica.

Turnados

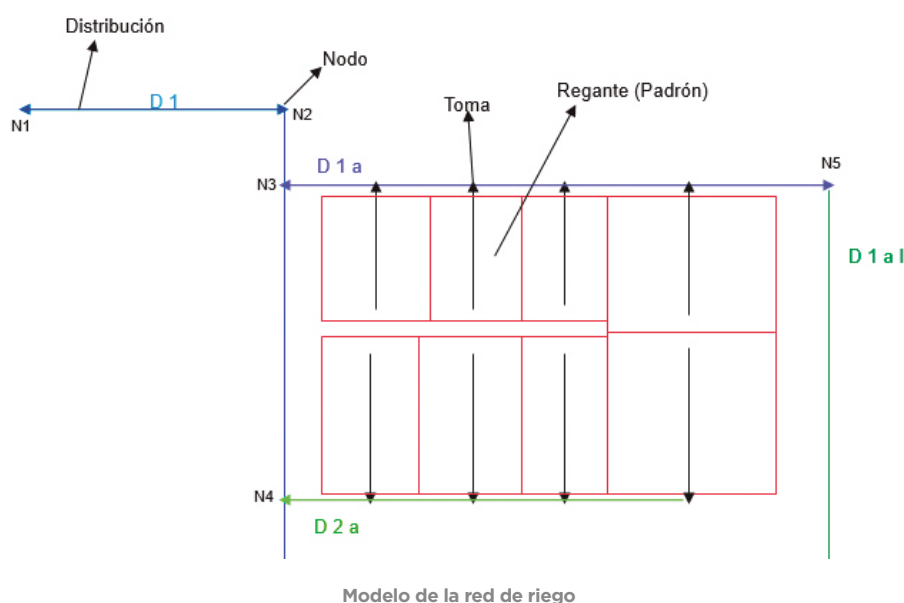
¿Cómo entrar al sistema?

1. Ingresar en el navegador a:
<http://www.agua.gob.ar/cuadrodeturno>
2. Ingresar Usuario y Clave

Modelado de la red de riego

El sistema modela la red de riego mediante:

- **Distribuciones (D):** cualquier medio capaz de transportar agua (río, canal, acequia).
- **Nodos (N):** bifurcaciones.
- **Tomas (T):** la conexión de los regantes a la red.



El sistema permite al usuario: administrar la red de distribuciones de riego de su Inspección o Subdelegación, así como también los Nodos y datos de los regantes en la sección Distribuciones. Para ello es necesario generar:

1. La red de riego.
2. Los padrones completos.
3. El turnado para los regantes.

Distribuciones

Cuando un nuevo regante es registrado en el sistema, automáticamente se le asigna un CC que lo vincula a una red de riego no actualizada.

La finalidad de las distribuciones es mantener la red virtual ordenada como en la realidad, para poder generar exitosamente un turnado de riego.

En el menú las distribuciones están ordenadas jerárquicamente y es posible expandirlas manualmente o utilizar la opción **Expandir Todo**, para ver la red completa.

Para esto disponemos de herramientas como:

- Editar distribuciones
- Seleccionando una distribución (1) y haciendo click en Editar (2) accedemos a sus datos.
- Crear una nueva distribución
- Haciendo click en **Crear** (1) se accede al menú. Luego se completan los siguientes campos:
- Nombre de la **Distribución**.
- Descripción.
- Distribución Padre: distribución que alimenta a la nueva distribución.
- Organismo Padre: organismo directo responsable de la distribución.
- Cauce: código de cauce asociado.
- Por último, click en **Guardar**.

Reubicar una distribución

1. Seleccionar la opción **Editar Jerarquía**.
2. Seleccionar las **Distribuciones** a reubicar. Para seleccionar más de una mantener presionada la tecla Control (Ctrl).
3. Arrastrar las distribuciones hacia su nueva ubicación.

Padrones

El alta de los nuevos padrones es parte del proceso de generación de un nuevo turnado. Automáticamente se vincula al sistema de Gestión Integral del Departamento General de Irrigación para identificar las parcelas que se encuentran en situación regular, lo que les permitiría recibir la dotación de agua.

Administrar los Padrones

- Al seleccionar un cauce veremos sus tomas parcelarias.
- Para buscar un padrón disponemos de filtros: Nombre de padrón, Código de Cauce o Padrón Parcial y Buscar en toda la red. Al utilizar esta última opción, la búsqueda se realizará en todos los cauces de la red y no solo en la distribución seleccionada.

Editar un Padrón

Seleccionando un padrón, click derecho, Gestión, Editar se muestran los campos:

- Usuario: Nombre del usuario.
- Supemp: Superficie del Padrón.
- Código.
- Datos de la obra de arte.
- Tiempo de recorrido.
- Distancia estimada: utilizado para definir el orden de riego.
- Distribución padre: es la distribución donde se encuentra la toma que alimenta al padrón.

Reasignar padrones

- Esta función será de utilidad cuando se necesite mover usuarios de una distribución a otra o habilitar la selección múltiple de regantes si se desea mover un grupo.
- Seleccionar los padrones a trasladar.
- Luego click en Acciones: Reasignar.
- Aparecerá el menú Distribución Destino donde se deberá buscar la nueva ubicación para las tomas.

Asignación de Maestro Sensor

- Para asignar un sensor a un nodo, primero hay que llegar a él. Para esto se debe seleccionar la distribución que lo contiene y presionar Nodos.
- Buscar el nodo y seleccionar Editar.
- En el campo Maestro Sensor presionar Buscar.
- Luego buscar el sensor y presionar Elegir.

Menu Generación de Turnado

Una vez representada la red y sus regantes estamos en condiciones de generar un turnado de riego en varios pasos:

Crear un turnado

- Ingresar al menú Turnado y click en Nuevo.
- Completar los datos generales y los filtros para generar el HASI.
- Luego de clickear Generar Turnado seleccionar los pasos a realizar de manera automática.
- Esperar hasta que los pasos seleccionados hayan finalizado.
- Una vez realizado el turnado podemos ver los nodos y cambiar cualquier parámetro manualmente.

Haciendo click derecho en cualquiera de ellos se encuentran las opciones para personalizarlo:

Turnado con secciones

Es necesario que se encuentre creado el turnado “padre” o “contenedor” de las secciones.

Una vez creado el turnado superior, se materializan las secciones de la siguiente forma:

- Click en Nuevo turnado.
- Seleccionar Turnado superior.
- Se abrirá el menú para elegir.
- Una vez completados los datos generar la sección.
- Seleccionar Genera Campana.
- Vemos la sección en el explorador de turnados.
- Seleccionar el turnado padre y click en Nodos
- Seleccionar los nodos para la primer sección a mover.
- Seleccionar Turnado Superior y Guardar.

Configuración

El uso de configuraciones permite ahorrar tiempo en el proceso de creación de un turnado. Guardar un turnado como configuración nos permite realizar copias del mismo, actualizando sólo los parámetros deseados (Como fecha y HASI).

Crear una configuración:

- Seleccionar un turnado creado y asignar el estado de Configuración.
- Verificar que un turnado sea una Configuración.

Usar una configuración:

- Para crear un turnado en base a una configuración, luego de seleccionar Nuevo Turnado, elegir la configuración.
- Seleccionar si desea utilizar el mismo HASI que la configuración, o si desea usar uno nuevo, con otras fechas y/ usos y categorías.
- El HASI, al igual que todos los parámetros del turnado, si no son modificados utilizará los guardados en la configuración.

ANEXO TIPOLOGÍAS DE OBRA



Introducción

Durante las próximas páginas nos centraremos en describir en forma general el proceso constructivo del aforador de MIDO Cauce. El siguiente diagrama de flujo sintetiza las diferentes situaciones básicas que puede enfrentar un Inspector de Cauce que emprenda la medición.

Es importante advertir que pueden haber variaciones según la obra y que este es solo un lineamiento orientativo. Ante cualquier duda, conceptual o constructiva, deberá dirigirse al Departamento de Ingeniería de la Subdelegación o a la Sede Central.

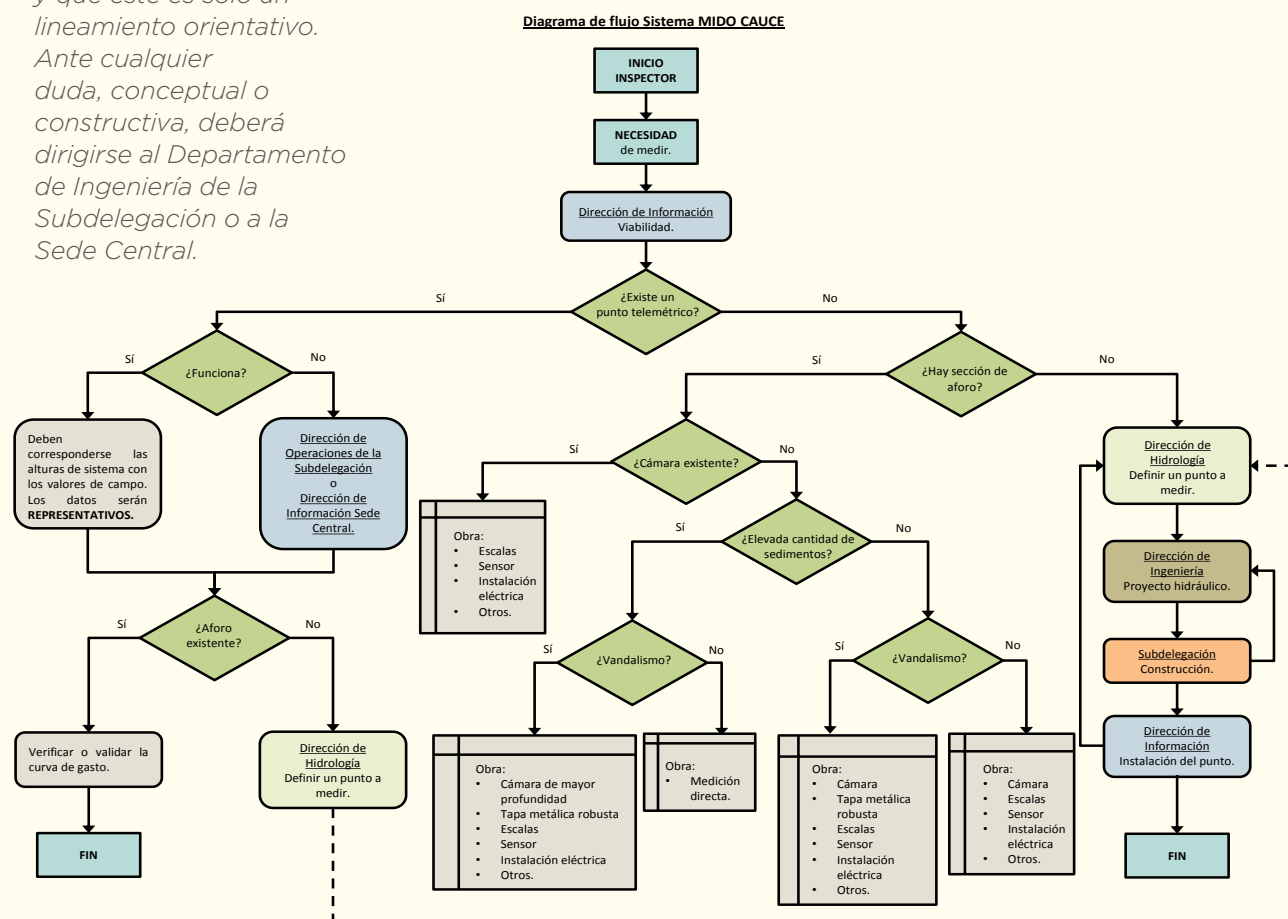


Diagrama de flujo sistema MIDO Cauce

El proceso inicia con la necesidad, por parte del Inspector de Cauce, de medir el caudal en un sitio determinado. La Dirección de Información verificará si existe otro punto telemétrico en funcionamiento que otorgue los mismos datos solicitados. Si ya existe un punto de medición se procede a verificar su funcionamiento, es decir, si está transmitiendo y luego si los datos enviados son representativos de la realidad. Por último, deberá validarse la curva de gasto por medio de un aforo existente. Si dicha obra no existe, la Dirección de Ingeniería diseñará el proyecto cuya construcción será supervisada por la misma Subdelegación y una vez finalizada la obra civil se instalará la **telemetría**.



Sistema Telemetrico de Monitoreo de Recursos Hídricos

Medición en tiempo real de embalses, caudales, parámetros de calidad y reuso den Agua Superficial y Subterránea



Telemetría: Sistema que permite la medición remota de magnitudes físicas y el posterior envío de información hacia un servidor, para su procesamiento. El uso del sistema MIDO desde el sitio web y desde Android se describirá en otro capítulo.

En la parte central del diagrama observamos que si existe una sección de aforo en el punto, nos encontramos con varias alternativas:

- Existencia o no de cámara limnimétrica: en puntos antiguos de medición donde funcionaban limnógrafos es posible reutilizar la cámara.
- Presencia de sedimentos: algunos cauces transportan mayor cantidad de partículas sólidas que suelen depositarse en las cercanías del escalón y en el fondo de la cámara, lo que disminuye la precisión de todo el aforador.
- Vandalismo: en base a esta problemática se deben acondicionar las obras para evitar pérdidas por daños y robos.

Proceso constructivo del aforador

Identificación del sitio donde se ubicará el aforador

En primer lugar, es necesario tener en cuenta la futura ubicación de la cámara limnimétrica sobre una de las márgenes del canal. También se deberá contar con fácil acceso a las instalaciones para lecturas de escala, mantenimiento de elementos eléctricos, limpieza de sedimentos, etcétera.

Todas las obras de aforo deben ubicarse en un tramo del cauce en el que pueda medirse con exactitud el valor del caudal. Es imprescindible garantizar las condiciones para el resalto y así obtener, como se expresó en capítulos anteriores, una relación única entre caudales (Q) y alturas o niveles de agua (h).

- Los factores que deben tenerse en cuenta para la correcta definición del emplazamiento son los siguientes:
- Aguas arriba de la posible ubicación la traza del canal debe ser recta y con su sección transversal razonablemente uniforme.
- El tramo del canal debe tener una pendiente constante (el lecho del cauce no debe estar sujeto a socavaciones ni rellenos) a fin de evitar cambios en la velocidad de aproximación del agua hacia el aforador, sedimentación y/o erosión.
- Se debe disponer, inmediatamente aguas arriba del control, un sitio conveniente y accesible para alojar la estación de aforo.



Durante esta etapa se realiza el relevamiento topográfico, lectura de niveles y cálculo de pendientes. Este aspecto es muy importante en el proyecto de un aforador, ya que el objetivo es medir la altura o nivel de agua, exigiendo elevadas precisiones en todas las dimensiones desde el relevamiento hasta la finalización de la obra civil. En otras palabras, cualquier mínimo error en las etapas iniciales del proyecto se trasladará negativamente a las lecturas finales y luego, al cálculo de caudales.

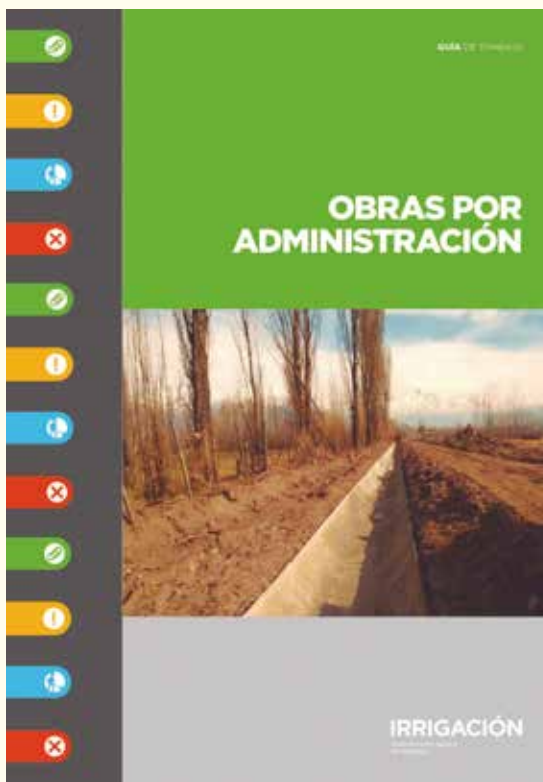
- En las cercanías, hacia aguas arriba, no deben existir obras singulares que generen algún tipo de perturbación sobre el vertedero como puentes, sifones, compuertas, etcétera.
- El sitio de aforo debe encontrarse lo suficientemente aguas arriba de confluencias con otros cauces a fin de evitar influencias en la medición.
- Para lograr una superficie de agua lo suficientemente suave, en la que se pueda medir exactamente su altura, debe cumplirse un cierto rango de valores de lo que se denomina número de Froude. No es necesaria la explicación matemática de dicho número, sólo debemos conocer que es una relación entre la energía debido a la inercia o velocidad del agua y la energía debido a la gravedad o presión. Dicha relación es muy importante, ya que define el tipo de escurrimiento y sus características. Los valores del Froude para instalar un aforador deben ser menores a 0,5 (siempre que sea posible se debe reducir dicho valor a 0,2).
- También deben suprimirse las filtraciones en las inmediaciones de la obra y esta debe ser lo suficientemente estable y resistente para garantizar las mismas condiciones de medición en el tiempo.

Construcción del aforador

En todo el proceso constructivo se deben tener en cuenta las consideraciones descriptas en el texto publicado por el D.G.I.: Manual de Obras por Administración. En él se detallan conceptos, técnicas y procedimientos aplicables a todo tipo de obra hidráulica de hormigón armado.



Link de descarga
Manual de Obras
por Administración:
**[www.agua.gob.ar/
dgi/manual-obras-
administracion](http://www.agua.gob.ar/dgi/manual-obras-administracion)**



Manual de Obras por Administración

A continuación describiremos algunos ítems a tener en cuenta a la hora de construir un aforador. El análisis es breve y sólo se enfoca en aquellos aspectos constructivos importantes que, en base a experiencias anteriores, presentan problemas debido a la falta de planimetría detallada.

Procederemos en orden, desde la limpieza y preparación del terreno hasta el relleno de los laterales una vez finalizada la obra civil.



Aforador típico (exterior e interior)



Debemos recordar que el término sección de aforo en forma global implica: escalón, cámara y telemetría.

Los materiales y dimensiones están sujetos a variaciones según la obra. Los planos sólo tienen validez esquemática y orientativa.

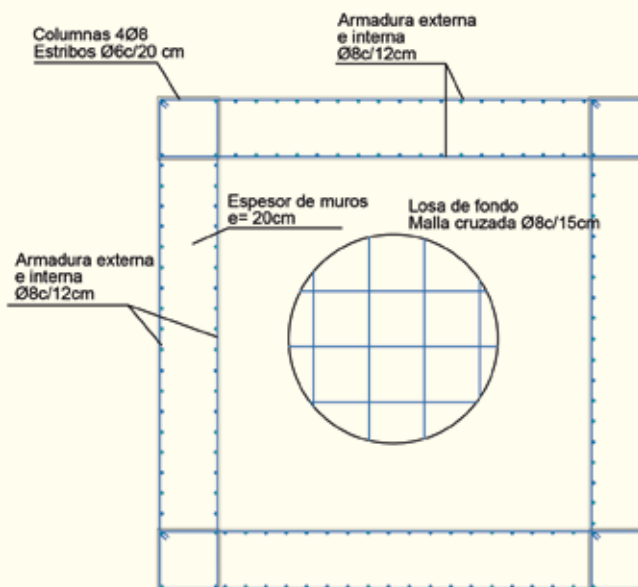
Etapas de construcción:

1. Limpieza y preparación del terreno
2. Excavación: del lugar donde se ubicará la cámara teniendo especial cuidado en respetar las profundidades según lo indique la documentación técnica. Se extraerá un volumen de suelo mayor para garantizar el espacio mínimo de trabajo.
3. Compactado y estabilizado

4. Perfilado
5. Hormigón de limpieza
6. Colocación de armaduras y encofrados:

a. Armadura de cámara

La armadura de la cámara se conforma de cuatro columnas (sección de 20 x 20) con barras de acero de 8 mm de diámetro y estribos de 6 mm cada 20 cm. En muros se dispondrá armadura externa e interna con barras de 8 mm en forma cruzada. En la losa de fondo se podrá utilizar una malla cruzada de 8 o 6 mm de diámetro tal como lo indica la siguiente figura:



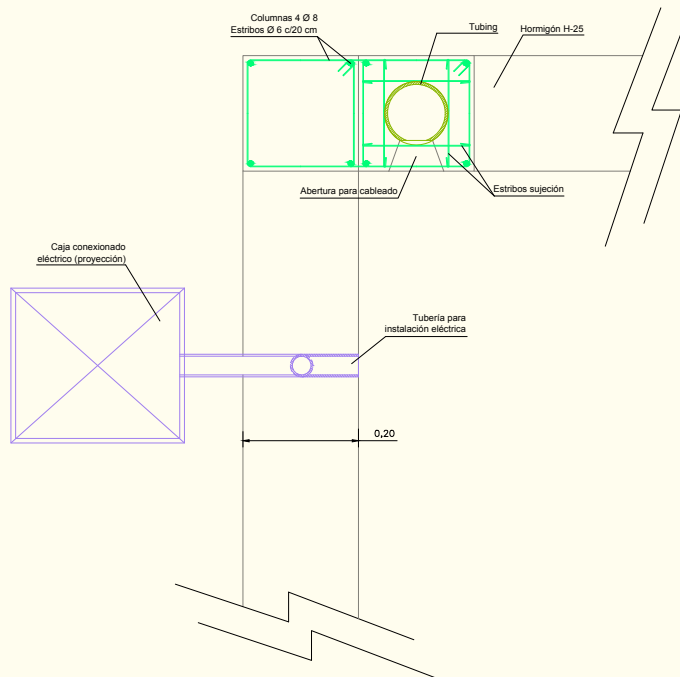
Esquema en planta, armadura cámara de quietamiento

b. Elementos empotrados

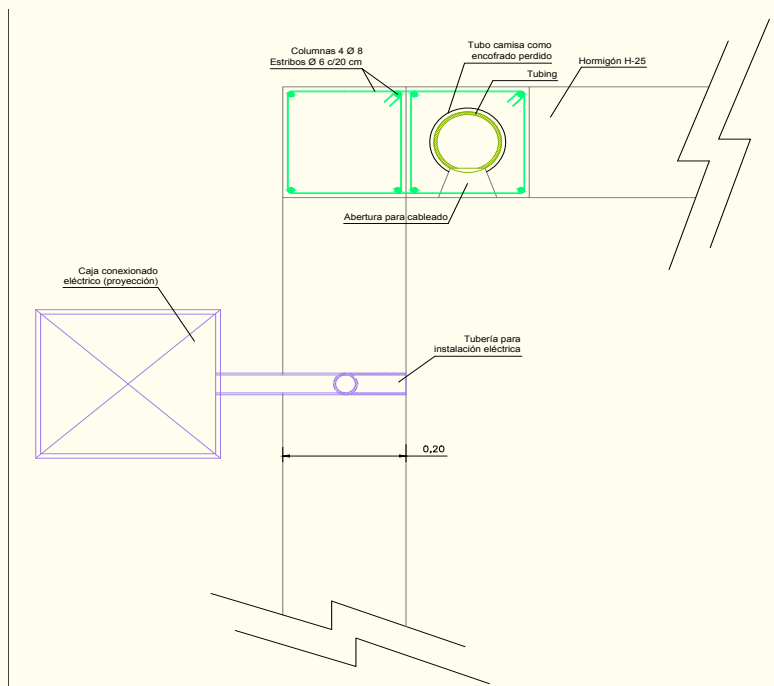
En una de las esquinas se colocará el tubing metálico que tiene como finalidad sostener elementos de transmisión y celdas solares. Para ello se armará una columna adicional de iguales características como lo indica el siguiente detalle constructivo. El tubo metálico irá inserto en el centro de la columna y sujeto con estribos para garantizar su posición y verticalidad luego del colado (también puede utilizarse un tubo de PVC como encofrado perdido).



*Es necesario aclarar que los términos **cámara limnimétrica, cámara o pozo de quietamiento y casilla** son sinónimos, se utilizan de forma indistinta en el presente texto. Esta obra tiene por objetivo disminuir las perturbaciones de la superficie líquida para facilitar las mediciones y confinar todos los elementos telemétricos necesarios.*



Esquema en placa de elementos empotrados

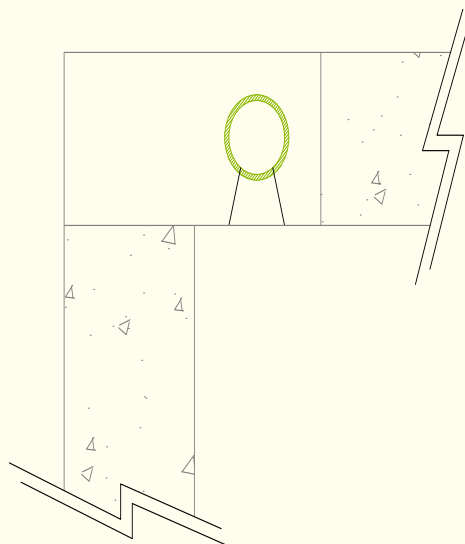


Uso de tubo camisa como encofrado perdido

Antes de colocar el tubing debe aserrarse una apertura (hacia el interior de la cámara) para la posterior instalación del cableado. Esta apertura tendrá que sellarse temporalmente con el fin de evitar el ingreso de hormigón a la cañería.



Es muy importante que la instalación eléctrica y la abertura del tubing se encuentren en el mismo extremo para evitar longitudes innecesarias de cableado y dificultades durante la instalación.



Corte esquemático

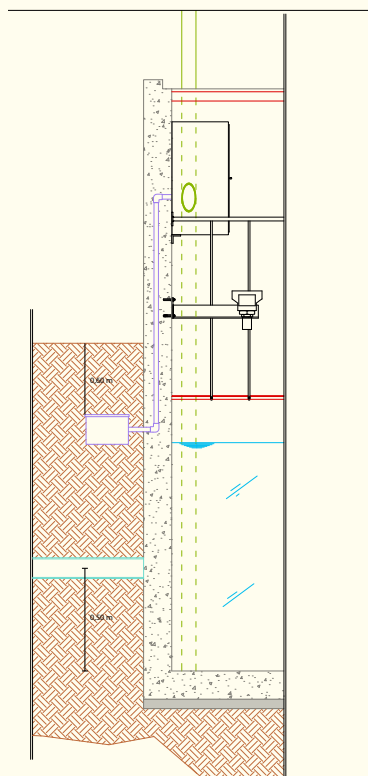
Sobre el mismo sector donde se colocó el tubing irá empotrada la tubería para la instalación eléctrica proveniente de la caja de conexionado. También debe sujetarse con alambres para evitar su movimiento al verter el hormigón.



Corte esquemático ubicación caja y tubería de conexionado eléctrico, tubo comunicante y proyección de tubing.

El tubo comunicante de PVC tiene un diámetro de 110 mm y debe colocarse a nivel de cresta del escalón para evitar el ingreso de sedimentos. La distancia desde el centro del tubo al fondo de la cámara será de 50 cm.

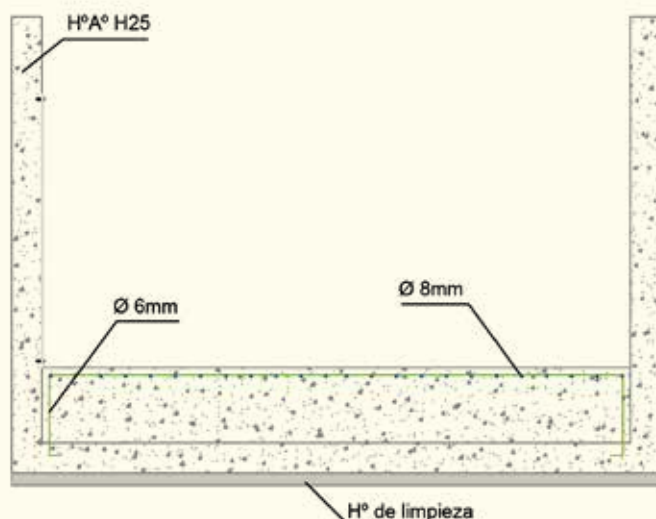
La caja irá enterrada a una profundidad aproximada de 60 cm. En la imagen también vemos el tablero eléctrico, el sensor, el escalón de trabajo y la tapa metálica, elementos descritos con mayor detalle en planimetría adjunta.



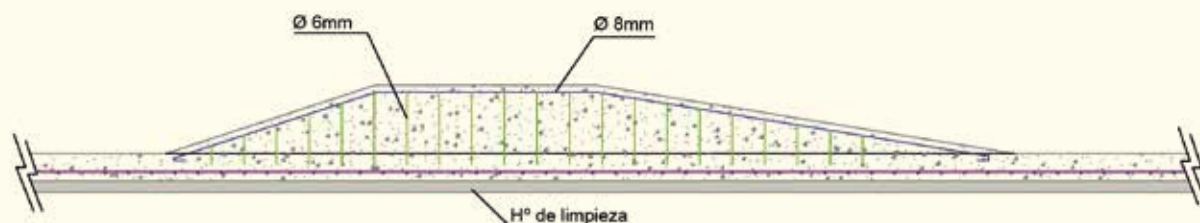
Corte esquemático y fotografía interior de cámara

c. Armadura revestimiento y escalón

Con respecto al escalón, se presentará en las siguientes imágenes una geometría típica para hijuelas pequeñas. Esta posee una armadura longitudinal y otra transversal formando una especie de canasto que vincula el vertedero con la armadura del revestimiento a fin de evitar fisuras y aumentar la dureza superficial ya que la erosión en este sector es mayor debido al fenómeno de resalto hidráulico.



Corte esquemático transversal



Corte esquemático longitudinal

7. Hormigón estructural

De ser necesario, se revestirá el cauce siguiendo especificaciones según pliego y prestando especial atención a la manipulación, protección y posterior curado del hormigón. La longitud impermeabilizada del aforador varía según cada obra de 10 a 15 metros o más. Deberán hormigonarse también, anclajes o “alas” de protección al inicio y fin del revestimiento.

De ser posible, deberá hormigonarse en forma conjunta con muros y solera del revestimiento. Esta práctica constructiva aumenta en forma considerable la durabilidad de toda la obra. Es necesario que las dimensiones y cotas del vertedero se respeten de forma estricta según lo especifiquen los planos y, además, que la cresta del mismo sea perfectamente horizontal.

También se puede utilizar malla electrosoldada en reemplazo de la armadura descrita anteriormente.

El escalón, vertedero o barrera tiene como objetivo producir escurrimiento crítico para poder generar una curva de gasto con relaciones únicas entre alturas de nivel de agua y caudal.



Se realizará el hormigonado de muros y solera en forma continua.

- Hormigón cámara
- Hormigón revestimiento
- Hormigón escalón



Vista escalón luego de hormigonado

8. Relleno lateral

Una vez retirados los moldes y finalizado el proceso de curado del hormigón se procederá a rellenar y compactar los laterales de la obra para evitar socavaciones posteriores, también se dispondrán escalera y puerta metálica según corresponda.



En la obra de la fotografía, el tubo comunicante se colocó luego de finalizada la cámara.



Interior cámara

9. Montaje de equipamientos

Terminada la obra civil, se instalarán las escalas y los dispositivos para la medición remota de caudales.



Instalación sensor y tablero



Se instalarán dos escalas limnimétricas:

sobre una de las márgenes del canal y en el interior de la cámara haciendo coincidir el cero de ambas como se describirá en el apartado siguiente.

Consideraciones importantes

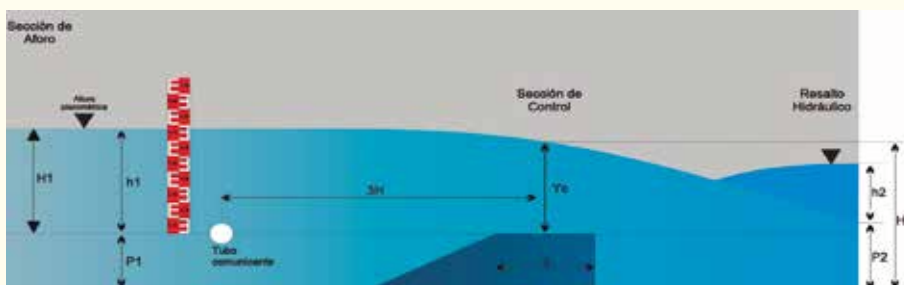
- Deben utilizarse hormigones de buenas prestaciones tipo H-25 o superior por razones de **durabilidad** e impermeabilidad.
- A fin de alargar la **vida útil** de la obra, se recomienda no realizar la construcción de cámaras en mampostería de ladrillo.

El cero de ambas escalas (sobre el canal y en el interior de la cámara) debe coincidir con la cresta de la barrera.



Durabilidad: Capacidad de una estructura a prestar una performance requerida durante una vida útil de servicio prevista, bajo la influencia de factores de degradación.

Vida útil de una estructura: Período de tiempo a partir de su construcción, durante el cual debe mantener las condiciones de seguridad, funcionalidad o aptitud en servicio y aspecto aceptables, sin gastos de mantenimiento significativos o imprevistos.



Esquema ubicación escala externa y tubo comunicante

La medida de la altura de carga “El limnímetro o escala para la medida de la altura de carga, deberá colocarse suficientemente distante, aguas arriba, de la obra de aforo, como para que caiga fuera de la zona de descenso de la superficie del agua, si bien lo bastante cerca de dicha obra como para que entre ambos sea despreciable la pérdida de energía. Esto supone que deberá situarse a una distancia del borde anterior del escalón entre dos y tres veces el valor de $H1_{m\acute{a}x}$ o, como mínimo, a una distancia igual a $H1_{m\acute{a}x}$ del comienzo de la contracción, tomándose la mayor de estas dos distancias.”

Texto extraído del libro: “Aforadores de caudal para canales abiertos” (Bos, Reploge y Clemmens).

El tubo comunicante debe tener 1 metro de longitud. En aquellas conducciones pequeñas como acequias e hijuelas pueden construirse cámaras de menores dimensiones, siempre teniendo en cuenta que una persona pueda realizar el mantenimiento y la limpieza del fondo desde el exterior sin mayores dificultades.



En la planimetría adjunta se especifican dimensiones de cámara mínimas a respetar.

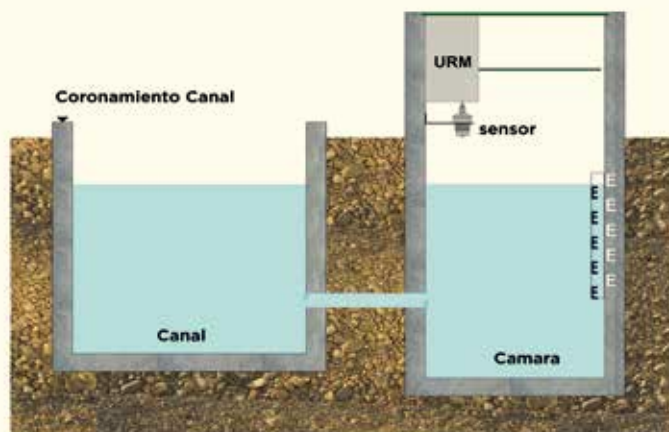


Pequeña cámara con sensor y regla

Para una mayor protección del tablero, la instalación de la unidad remota de medición (URM) deberá hacerse, de ser posible, a 60 cm por encima del coronamiento del canal.



En este tipo de obra siempre deberá tenerse en cuenta la posibilidad de crecidas y desbordes, y cómo podría verse afectado el instrumental.

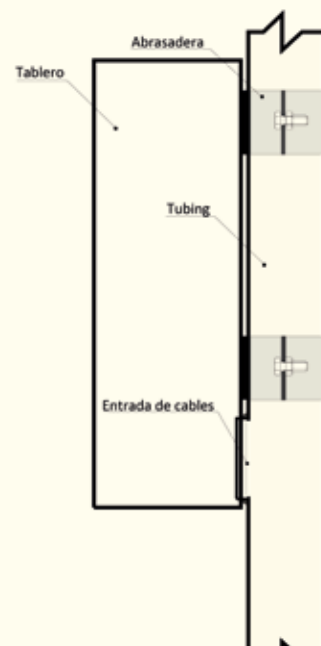


Corte esquemático canal y cámara

La URM puede instalarse en el interior de la cámara (como se describió anteriormente), en altura sobre un poste, a nivel del suelo o sobre un muro existente.



Tablero sobre tubing en altura



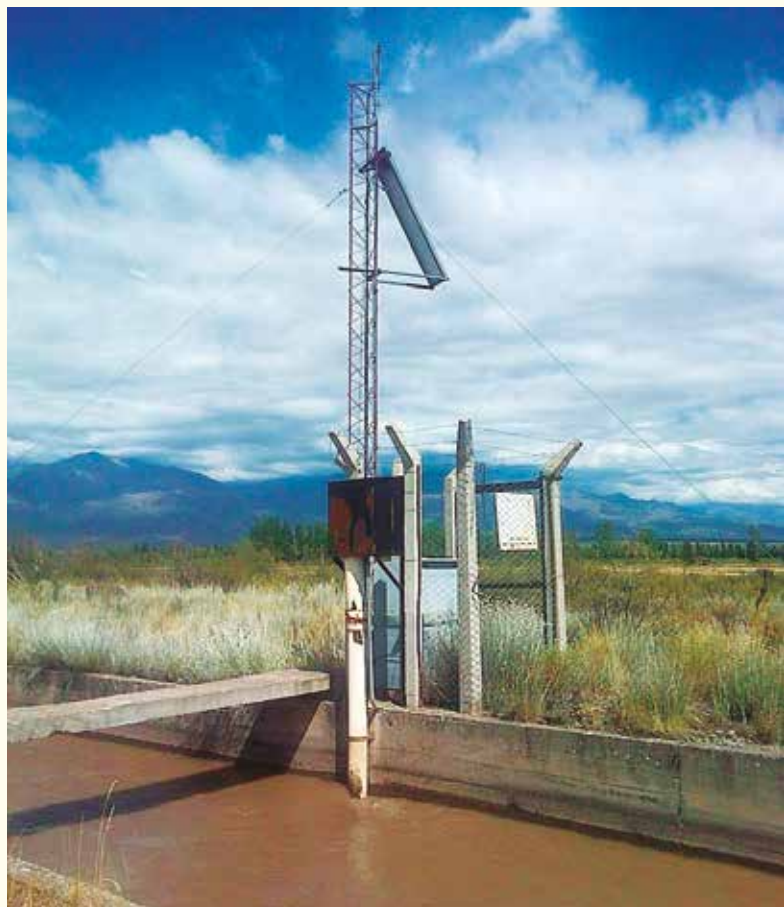
Esquema tablero sobre tubing en altura



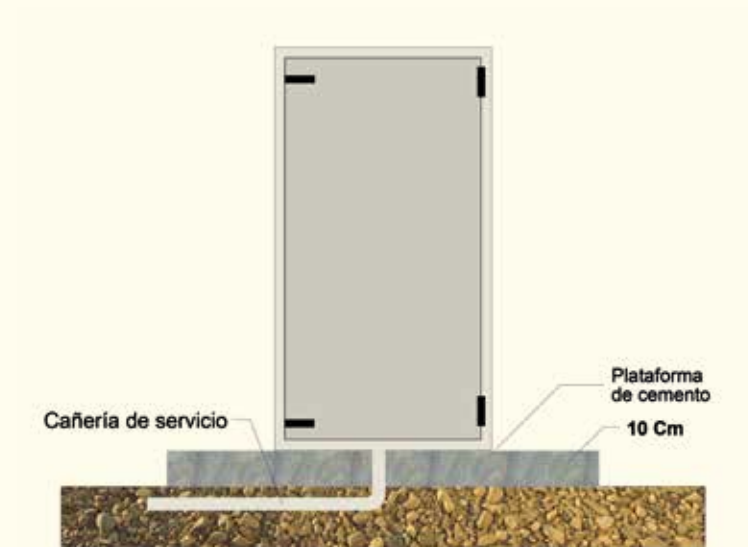
Instalación en el tubing a una altura de no menos de 6 metros y no más de 9 permitiendo el fácil acceso por medio de escaleras.



Corte esquemático URM en altura



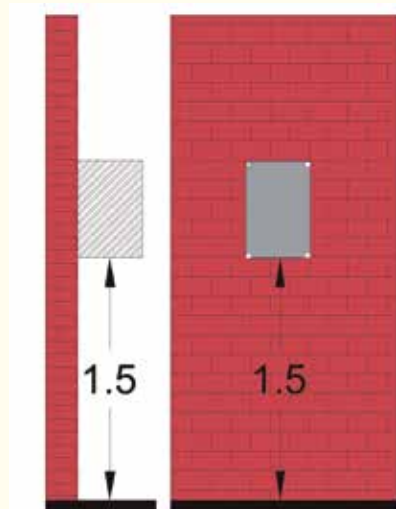
URM sobre el suelo



Esquema tablero a nivel de suelo



La instalación se hará sobre la plataforma de 10cm de espesor de hormigón y los servicios por el lado inferior.



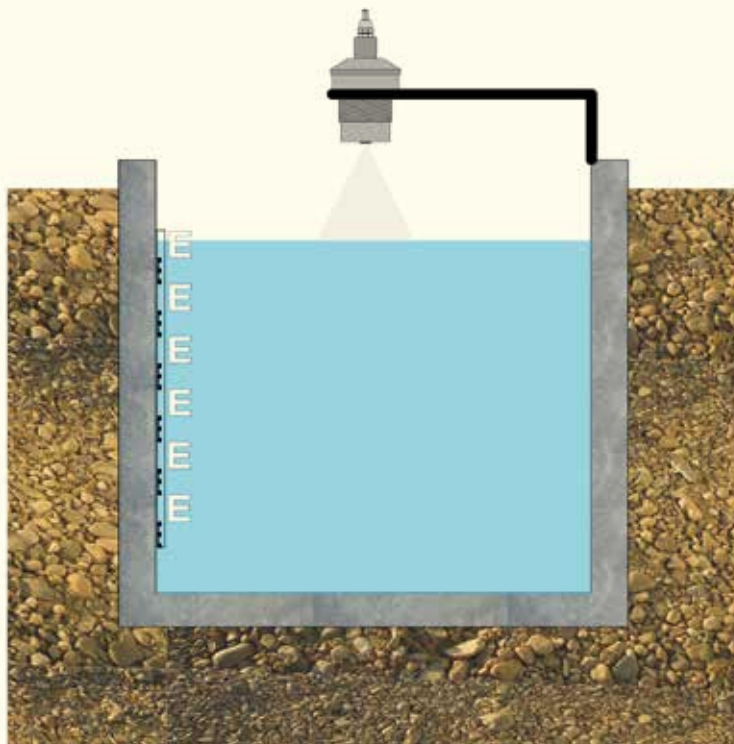
Instalación en un muro, a una altura de 1,5 m, con fijaciones de 8 mm, por 4 unidades

Medición directa

En sitios donde no exista peligro de robo o destrucción es factible la medición en forma directa del nivel de agua colocando el sensor ultrasónico sobre el canal.



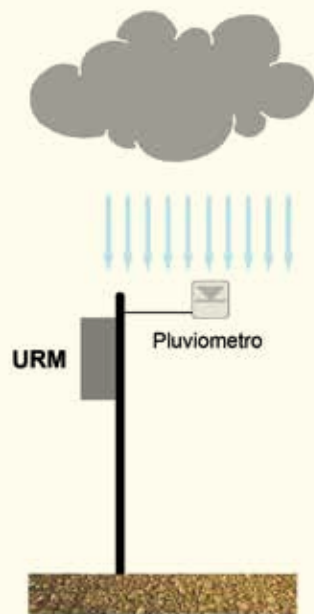
Medición directa en canal de riego



Corte esquemático medición directa

Pluviómetro y humedad del suelo

Otra posibilidad que sooo mencionaremos es la instalación de pluviómetros y sensores de humedad de suelo para evaluar la aplicación de láminas de riego, análisis de la capacidad de campo y estrés hídrico en propiedades piloto en todas las cuencas.



Esquema instalación de pluviómetro (esquema demostrativo)



Esquema medición de humedad del suelo

Energía

Algunas formas de proveer de energía a los sensores

La energía eléctrica resulta de una diferencia de potencial entre dos puntos, situación que permitirá establecer una corriente eléctrica entre ambos si entran en contacto por intermedio de un conductor eléctrico.

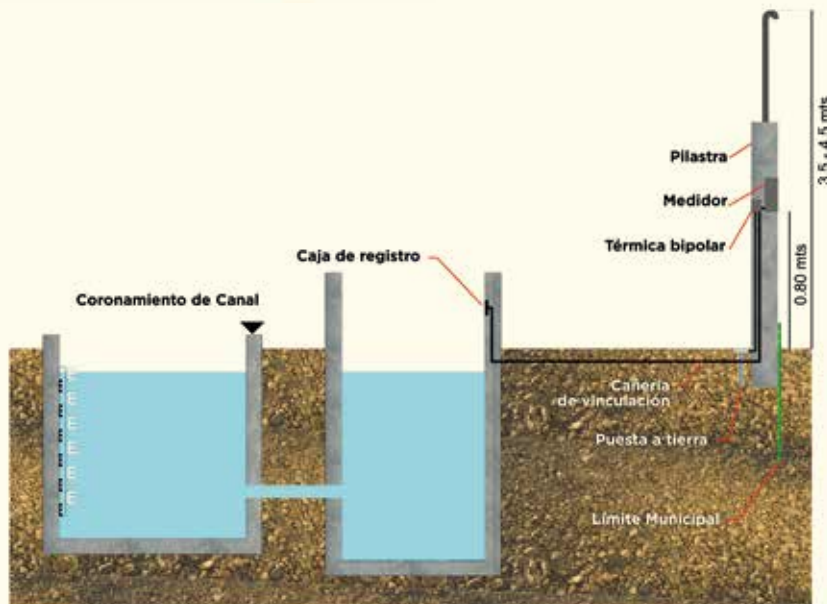
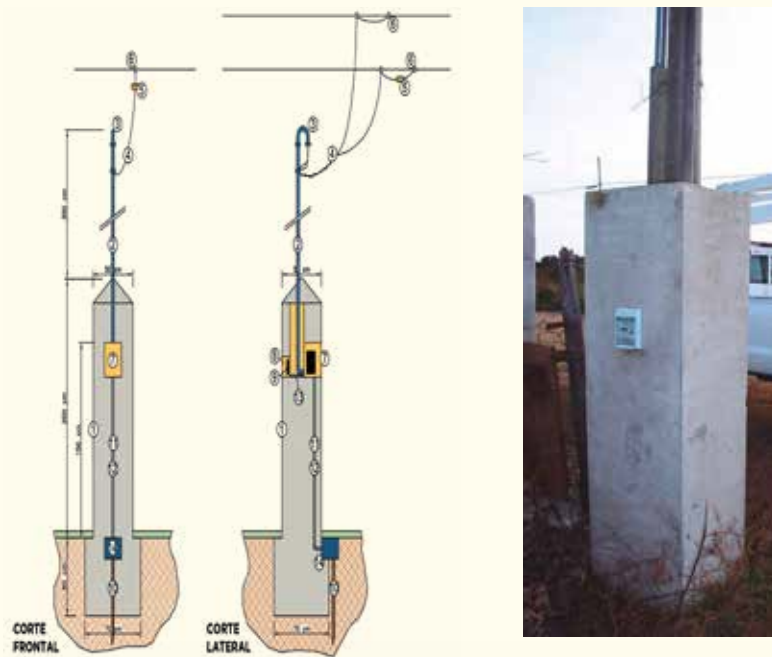
Este tipo de energía es capaz de transformarse en muchas otras formas como por ejemplo: energía luminosa, térmica o mecánica.

Red eléctrica

El pedido de factibilidad de acometida de energía, debe iniciarse en la municipalidad donde se encuentre el punto de medición MIDO. Una vez, entregado el número de pedido, se solicitará el energizado a EDEMSA o cooperativa eléctrica que corresponda.

Los requisitos mínimos para el coneccionado son:

- 1.** Pilar de ladrillos u hormigón armado según medidas reglamentarias vigentes.
- 2.** Caño de hierro galvanizado:
 - Medida mínima: 1 1/4 pulgadas
 - Espesor de pared: 2,90 mm
 - Roscado/cuplado: según IRAM - IAS U 500-2502
 - Largo: determinado por el municipio
- 3.** Boquilla de baquelita.
- 4.** Cables preensamblados de 6 mm² de sección o superior o acometida pre-armada concéntrica.
- 5.** Fusible para BT aéreo (MN 995a).
- 6.** Grampas domiciliarias (MN 207a).
- 7.** Caja de medidor con visor de policarbonato y cierre de seguridad (para monofásico 180 x 266 x 200 mm y para trifásico 240 x 370 x 220 mm).
- 8.** Caja de tablero general embutida. La base del mismo deberá ser de chapa, mármol o pertinax (no se permite de madera).
- 9.** Tablero general:
 - Llave termomagnética de corte general del tipo interruptor automático, de calibre acorde a la bajada, de 25 Amperes o superior:
 - Interruptor diferencial
 - Si es necesario, colocar un seccionador fusible (acorde a la potencia instalada).
 - Ubicación del pilar, detrás del mismo y del medidor, hasta 2 m de éste.
- 10.** Jabalina de acero-cobre (tipo Cooperweld o similar) de 12 mm de diámetro por 1,50 m de largo. La misma deberá estar conectada al bulón de puesta a tierra, con resultado de 5 Ohms o menor .
- 11.** Cable desnudo de cobre de 6 mm² para monofásico y 10 mm² para trifásico.
- 12.** Caño para conducciones eléctricas (hierro o plástico) de 15,8 mm de diámetro (5/8 pulgadas).
- 13.** Caño para conducciones eléctricas (hierro o plástico) de 22 mm de diámetro (7/8 pulgadas).
- 14.** Caja de cemento premoldeada (200 x 200 x 150 mm).
- 15.** Precinto y hebilla para afirmar la acometida a la pared.



Energía solar

La energía solar es una energía renovable que se obtiene a partir del aprovechamiento de la radiación electromagnética procedente del sol.

Panel solar

Un panel o módulo solar es un dispositivo que capta la energía de la radiación solar para su aprovechamiento.



Cálculo de potencia, orientación y dimensionamiento de los paneles solares

Una vez determinada la demanda de electricidad, la radiación solar promedio y la eficiencia promedio del panel fotovoltaico (FV), es bastante fácil calcular el tamaño de un panel FV que cubra esta demanda.

Determinar el tamaño de un sistema FV es bastante sencillo y directo a pesar de que su diseño en detalle es complejo. Los métodos para determinar el tamaño son fáciles de usar pero tienen sus limitaciones. Debido a que se toman en cuenta la entrada y demanda de energía solar, el resultado de aplicar el método para determinar el tamaño puede no ser confiable en un 100%.

La radiación solar varía de año en año, según el lugar donde se instale y también el consumo de electricidad, que tiende a ser fluctuante. Por lo tanto, aún cuando se haya calculado cuidadosamente el tamaño del sistema, eventualmente pueden surgir ciertas carencias.

El tamaño de un sistema FV está dado por el Watt Pico (Wp). Esta es la salida máxima de un panel FV bajo condiciones estándar que son: temperatura ambiente de 25°C y 1.000 Watt/m² de irradiación.

La fórmula supone una eficiencia del sistema de aproximadamente 8% basada en: eficiencia del panel (10%) y eficiencia de la batería (80%). Otro dato que se asume es la potencia proporcional de los paneles por metro cuadrado de 100 Wp.

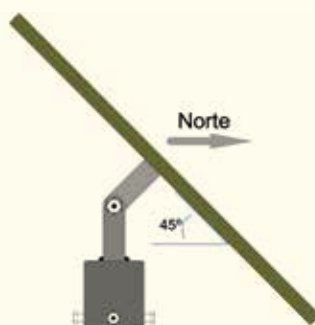
Durante el mediodía, en días despejados, se puede esperar una irradiación de 1.000 W/m². Esto significa que un panel de 50 Wp generará, durante las horas más soleadas del día, 50 Watts. En promedio los paneles FV generan aproximadamente 100 Wp por m² o, para decirlo de una manera diferente, los paneles solares tienen una eficiencia promedio del 10%.

En la fórmula anterior, el factor para calcular el tamaño del sistema no es 1.000 (que significa una eficiencia del sistema de 10%) sino 1.200 porque la eficiencia del sistema es siempre un poco más baja que la eficiencia del panel.

Ejemplo MIDO

Elementos imprescindibles para la instalación de un panel FV que alimente de energía a una serie de sensores en distintos punto de medición:

1. Panel solar: orientados hacia el Norte, aproximadamente a 45°, de 20 o 40 W, según la cantidad de sensores instalados.



La manera más simple de determinar el tamaño de un sistema fotovoltaico es utilizando la siguiente fórmula:

$$Ar = 1200 \times Ed / Id$$

Donde:

Ar : Tamaño del panel (Wp)

Ed: Consumo de electricidad (kWh / día)

Id : Irradiación (kWh / m² / día)

2. Regulador de panel solar: transforma la energía del panel solar conduciéndola mediante una salida al banco de batería y posteriormente salida a carga. Carga máxima de 10 Amperes.



3. Batería: de uso continuo de gel, cantidad de potencia según cálculo de energía de consumo.



Las baterías más adecuadas para las instalaciones solares aisladas son las estacionarias. Además es conveniente en el momento de instalación ubicarlas suspendidas entre la base y el panel solar (estado de flotación) de manera que trabajen con mayor eficacia.

BIBLIOGRAFÍA

Capítulo 1

S. Fattorelli, P. C. Fernández, (2011). DISEÑO HIDROLÓGICO. 2ª Edición en español. Edición digital. ISBN:978-987-05-2738-2.

Autores varios. (2008). Planes Directores del Departamento General de Irrigación - Proyecto PNUD/FAO/ARG/00/008.

A. Rodríguez Fernández-Alba, (2006). Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales. CEIM Dirección General de Universidades e Investigación. Elecé Industria Gráfica. España. Depósito Legal: M-30985-2006. Recuperado de https://www.madrimasd.org/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/VT/VT2_Tratamientos_avanzados_de_aguas_residuales_industriales.pdf

GLOSARIO AMBIENTAL, 1995. Proyecto de Código Ambiental de la República Argentina, Glosario. Trámite Parlamentario N°1/92.

R. M. Rodríguez Jiménez et. al. (2004). Meteorología y Climatología. Edita: FECYT (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología). España. ISBN: 84-688-8535-5.

Capítulo 3

Mido nieve

Pantoja Luis. (2014)Apuntes de Nivología. Recuperado de <http://www.todovertical.com/articulo/9/apuntes-de-nivologia>
Mido cauce

Mido suelo

Villar, G. R. (2014, marzo 04). Qué necesito saber antes de comprar un sensor de humedad del suelo I. Seminario Virtual de LabFerrer DECAGON DEVICES - Sensores de humedad. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=iZpIJHnaiU8>

Villar, G. R. (2014, marzo 04). Qué necesito saber antes de comprar un sensor de humedad del suelo II. Seminario Virtual de LabFerrer DECAGON DEVICES - Sensores de humedad. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=2dTbIgrziH0>

Mido calidad

Servicio nacional de aprendizaje - SENA, (1999). "Formación Profesional: CALIDAD DEL AGUA. Actualización Técnica y Pedagógica". 2a Edición Digital Ministerio de Desarrollo Económico. Cinara - Universidad del Valle, Colombia. Recuperado de http://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad_del_agua/#



Modelo de Indicadores de Distribución Operativa

neran aproximada-
mente 100 Wp por
m² o, para decirlo
de una manera
diferente, los pane-
les solares tienen
una eficiencia pro-
medio del 10%.



IRRIGACIÓN

Agua que fluye