

## TABLA DE CONTENIDO

<b>CAPÍTULO 3 .....</b>	<b>26</b>
<b>FORMULACIÓN PARA EL DISEÑO DE PROYECTOS HÍDRICOS.....</b>	<b>26</b>
3.1 GESTIÓN DEL AGUA .....	26
3.2 ETAPAS EN EL PROCESO DE LA GESTIÓN INTEGRADA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS.....	27
3.3 PLANIFICACIÓN EN CUENCAS .....	28
3.3.1 <i>La Participación social</i> .....	29
3.4 CARACTERÍSTICAS DE LOS PROYECTOS HIDRÁULICOS .....	29
3.5 FASES DE UN PROYECTO DE APROVECHAMIENTO DE AGUA .....	29
3.5.1 <i>Definición de Objetivos</i> .....	30
3.5.2 <i>Estudios Preliminares</i> .....	30
3.5.3 <i>Estudios de Factibilidad</i> .....	31
3.5.4 <i>Diseño y Planificación.</i> .....	31
3.5.5 <i>Ingeniería del Proyecto</i> .....	31
3.6 ESTUDIOS TÉCNICOS APLICADOS AL DISEÑO DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS .....	32
3.6.1 <i>Aplicaciones de la Hidrología en Ingeniería</i> .....	33
3.6.2 <i>Medición de caudales</i> .....	34
3.6.3 <i>Información básica para presas de almacenamiento</i> .....	36
3.6.4 <i>Información básica para obras de captación</i> .....	37
3.6.5 <i>Información básica para canales, obras de arte y de control (aforadores)</i> .....	37
3.7 BIBLIOGRAFIA .....	38

## CAPÍTULO 3

### FORMULACIÓN PARA EL DISEÑO DE PROYECTOS HÍDRICOS

#### 3.1 GESTIÓN DEL AGUA

La gestión de agua se puede definir como *el conjunto de actividades más los medios necesarios para lograr los objetivos formulados para el uso, la distribución y el manejo del agua en un cierto espacio*.

Cruciales en esta definición son el uso, distribución y manejo de agua: el uso, por ser el objetivo del relacionamiento con el agua; la distribución porque es el proceso de reparto de agua en tiempo y espacio hacia los distintos usos y usuarios, y el manejo del agua, entendido como la construcción y operación de infraestructuras que dirigen las aguas a los puntos de uso, o evitan que las mismas ocasionen daños no deseados.

En sistemas de aprovechamiento del agua, como sistemas de riego, sistemas de agua potable o centrales hidroeléctricas, el uso, distribución y manejo, o sea el complejo de la gestión del agua, se ubican en un espacio limitado, con objetivos más o menos unívocos y convenidos dentro de un grupo de usuarios específicos.

En la gestión del agua se distinguen cuatro principales campos de acción, que son 1) el uso y manejo del agua, 2) el monitoreo y control, 3) la definición e implementación de políticas y 4) las inversiones. En el cuadro 3.1 se explica el contenido de cada uno de estos campos.

Campos de acción	Actividades
El uso y manejo del agua incluye:	Actividades cotidianas de uso y manejo Toma de decisión electiva
Monitoreo y control de:	El uso La sostenibilidad de la extracción La calidad del agua El estado de las obras hidráulicas
Definición de políticas sobre:	Uso, manejo y distribución del agua Conservación de fuentes Construcción, rehabilitación y mantenimiento de obras Inversión pública y privada en obras de control
Inversiones	Obras de control Fortalecimiento institucional

**Cuadro 3.1 Principales campos de acción en la gestión del agua**  
**Fuente: “Aguas y Municipios”**

### 3.2 ETAPAS EN EL PROCESO DE LA GESTIÓN INTEGRADA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

La gestión integrada de recursos hídricos, incluida la integración de los aspectos relativos al manejo de los recursos naturales a nivel de cuenca o subcuenca, debería perseguir cuatro objetivos principales:

1. Promover un enfoque dinámico, interactivo y multisectorial de la ordenación de los recursos hídricos, incluidas la protección y la determinación de posibles fuentes de abastecimiento de agua dulce, que abarque consideraciones tecnológicas, económicas, ambientales y sanitarias.
2. Planificar la utilización, la protección, la conservación y la ordenación sostenibles y racionales de los recursos hídricos con arreglo a las necesidades y prioridades de la colectividad, dentro del marco de la política de desarrollo económico nacional.
3. Elaborar, aplicar y evaluar proyectos y programas que sean tanto económicamente eficientes como socialmente adecuados, dentro de unas estrategias definidas con claridad y basadas en un enfoque de plena participación pública, incluida la de la mujer, de la juventud, de las poblaciones indígenas y de las comunidades locales, en las medidas y decisiones sobre la ordenación del agua.
4. Determinar y fortalecer o implantar, según sea necesario, en particular en los países en desarrollo, los mecanismos institucionales, jurídicos y financieros adecuados para lograr que la política sobre los recursos hídricos y su ejecución sean un catalizador del progreso social y el crecimiento económico sostenible.

Las etapas en un proceso de gestión de cuencas son:

**Previa:** Estudios, formulación de planes y proyectos.

**Intermedia:** Etapa de inversión para la habilitación de la cuenca, con fines de aprovechamiento y manejo de sus recursos naturales, y con fines de desarrollo del hombre. Esta etapa se conoce usualmente como desarrollo de cuencas o desarrollo de recursos hídricos o hidráulicos.

**Permanente:** Etapa de operación y mantenimiento de las obras construidas, manejo y conservación de los recursos y elementos naturales. Esta etapa se conoce como administración de recursos hídricos y como manejo de cuencas.

FASES QUE INDICAN LA TEMPORABILIDAD DE LAS ACCIONES	ACCIONES PRINCIPALES	COMPLEMENTOS DE LAS ACCIONES
Previa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboración de estudios de aprovechamiento hidráulico</li> <li>• Elaboración de proyectos de aprovechamiento hidráulico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inventarios de aguas</li> <li>• Evaluaciones y balance hídrico</li> <li>• Diagnóstico. Nivel de prefactibilidad</li> <li>• Nivel de factibilidad. Nivel definido y de ejecución</li> </ul>
Intermedia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ejecución de proyectos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño para ejecución y pruebas</li> <li>• Supervisión</li> </ul>
Permanente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Administración del agua</li> <li>• Manejo de una cuenca</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Organización de usuarios del agua</li> <li>• Operación y mantenimiento de obras hidráulicas.</li> <li>• Reparación y mejoramiento de obras y equipamiento.</li> <li>• Organización de los usuarios de la cuenca</li> <li>• Ordenamiento del uso de los recursos de la cuenca</li> <li>• Preservación y protección de los recursos de la cuenca</li> <li>• Recuperación y conservación de recursos naturales de la cuenca</li> </ul>

**Cuadro 3.2 Etapas en el proceso de Gestión de cuencas**  
**Fuente: Gestión Integral del Agua en Cochabamba, 2000**

### 3.3 PLANIFICACIÓN EN CUENCAS

En términos hidrológicos, una cuenca hidrográfica es un ámbito territorial formado por un río con sus afluentes y por un área colectora de aguas. En la cuenca, existen los recursos naturales básicos (agua, suelo, vegetación y fauna) para el desarrollo de múltiples actividades humanas.

La planificación, por su parte, es un proceso de toma de decisión de tipo político, social, tecnológico y ambiental; el cual, dentro de la estrategia de participación de la sociedad y de acuerdo a un esquema metodológico, deberá establecer las mejores alternativas de aprovechamiento, manejo y conservación de los recursos naturales renovables. En este sentido, la planificación es un instrumento para la gestión y no un fin en sí mismo; es decir, la planificación debe ser un proceso continuo al servicio de la gestión. La planificación tradicional suele basarse en grandes metas cuantitativas de producción o de ejecución de ciertas obras o acciones. La planificación de cuencas en la región debe basarse más en la búsqueda de equilibrios que en alcanzar metas prefijadas. La planificación de cuencas hidrográficas, es el proceso de formular y aplicar un conjunto de operaciones y acciones, de acuerdo con los problemas y con la situación actual en que se desenvuelve la cuenca para cumplir con los objetivos propuestos.

La planificación de los recursos hídricos y cuencas hidrográficas debe contemplar un estudio de reconocimiento de las cuencas hidrográficas nacionales y su priorización, con el objetivo central de evaluar los recursos y las condiciones, para luego planificar la ordenación futura. Si bien los planes nacionales contemplan, a nivel macro, una primera aproximación y proporcionan lineamientos generales del manejo de cuencas, los niveles regionales, departamentales y municipales son los

encargados de viabilizar las acciones propuestas. A nivel municipal, los Planes de Desarrollo Municipal pueden ser la base para la formulación del Plan de Gestión Integral y Participativa de la cuenca hidrográfica principal de la jurisdicción municipal.

La gestión de los recursos hídricos y cuencas hidrográficas es el proceso de dirección y supervisión de actividades, tanto técnicas como administrativas, orientadas a maximizar en forma equilibrada los beneficios sociales, económicos y ambientales que se pueden obtener con el aprovechamiento de agua y recursos conexos, así, como controlar los fenómenos y efectos adversos asociados al uso de los recursos, con el fin de proteger al hombre y al ambiente que lo sustenta.

### 3.3.1 La Participación social

Se puede aceptar como un hecho que aquellos planes que se han intentado sin la participación de los actores sociales han fracasado. En este sentido, la conservación de los recursos de la cuenca, debe ser planeada con la comunidad y para la comunidad.

La participación ciudadana debe estar organizada conjuntamente con la entidad responsable a nivel nacional, regional y local, durante todo el proceso del proyecto. La participación se debe ir desplazando cada vez más desde las instancias nacionales a las regionales y locales, y desde las entidades oficiales hacia la comunidad organizada.

## 3.4 CARACTERÍSTICAS DE LOS PROYECTOS HIDRÁULICOS

Generalmente, los proyectos se inician con el objetivo de optimizar la captación y el aprovechamiento de los recursos hídricos, que por su marcada escasez en la zona occidental del país, unida alas irregularidades de las épocas de lluvias han tenido un notorio efecto en la producción agrícola. De esa manera, se llevan a cabo estudios y justificaciones que tienen relación con los aspectos siguientes:

- a. Factibilidad Técnica
- b. Rentabilidad Económica
- c. Sostenibilidad

La *factibilidad técnica* y la *rentabilidad económica* son requisitos básicos para la viabilización de cualquier financiamiento y en general la atención que requieren son de amplio conocimiento en las instituciones que impulsan proyectos de desarrollo. La *sostenibilidad* en los proyectos de riego es un aspecto que ha sido enfatizado en los últimos años. Sin embargo, los diversos enfoques que se le han dado muestran todavía resultados muy pobres y es necesario prestarle mayor atención a las causas de ello<sup>1</sup>.

## 3.5 FASES DE UN PROYECTO DE APROVECHAMIENTO DE AGUA

A fin de realizar una primera aproximación a los procesos de formulación de un proyecto de riego, se consideran las siguientes fases:

1. Definición de objetivos.

---

<sup>1</sup> Humberto Gandarillas A., CONCEPTO DE PROYECTO

2. Estudios exploratorios.
3. Estudios de factibilidad.
4. Diseño y planificación.
5. Ingeniería del proyecto.

### 3.5.1 Definición de Objetivos

Considerando que un proyecto de aprovechamiento de aguas es por lo general un emprendimiento que involucra a muchos actores e instituciones, es vital establecer desde el principio los objetivos de cada uno de ellos, de manera que los alcances y dimensiones del proyecto se acomoden a los roles, responsabilidades y expectativas de estos.

En general el desarrollo de un proyecto de aprovechamiento de agua con fines de riego, desde la óptica institucional busca el mejoramiento del bienestar regional o micro regional (en función del alcance del proyecto). Este objetivo puede interpretarse de diversas formas, entre las cuales se incluyen:

- Generación de mayores y mejor distribuidos ingresos en el área de influencia.
- Estimular la creación de mayores fuentes de trabajo y empleo.
- Lucha contra la pobreza.
- Promoción de crecimiento económico.
- Objetivos intangibles como la ocupación territorial, preservación ecológica, etc.
- Otros objetivos.

Mientras tanto, la perspectiva de los usuarios regantes, el proyecto de riego y la respectiva oferta de agua para la agricultura con la que viene asociado el proyecto, puede estar referido a resolver situaciones concretas como ser:

- Disminución de riesgos agrícolas contra efectos climáticos adversos.
- Asegurar la producción de alimentos para la subsistencia familiar.
- Aumento de la capacidad productiva de sus parcelas.
- Creación de mayores oportunidades de trabajo en su predio.
- Otros objetivos

En la medida en que los objetivos e intereses de los involucrados en el proyecto sean compatible, podrá facilitarse la toma de decisiones de quienes deben asumir roles y responsabilidades en su concepción, posterior ejecución y finalmente en la correspondiente gestión.

### 3.5.2 Estudios Preliminares

Esta fase de los proyectos, varía en cada caso específico; en algunos casos consiste en un reconocimiento de los recursos, en otros se recopila información que ha sido previamente obtenida, y en otros casos debe generarse la información necesaria para los fines del proyecto.

De cualquier manera, es en esta fase que se compatibilizan objetivos e intereses de los involucrados, y se define el alcance de los proyectos. En esta fase también se define el marco dentro del cuál deberían tomarse las decisiones inherentes al proyecto.

### 3.5.3 Estudios de Factibilidad

Esta es una fase de alto contenido técnico, dónde si la fase previa lo garantiza, en los estudios de factibilidad se deja libertad a la imaginación y la creatividad, para inventar alternativas que satisfagan los objetivos del proyecto. Cada una de estas alternativas imaginadas debe estudiarse con suficiente detalle, para permitir su evaluación en términos de desempeño, costo, calidad, etc.

Las alternativas evaluadas son posteriormente comparadas para la selección de la mejor. Los resultados de esta fase deben presentarse en forma clara y coherente a las instancias de toma de decisiones, de donde deben salir las conclusiones respecto a:

1. Una propuesta específica puede ser seleccionada para cumplir con el objetivo deseado mediante el proyecto.
2. Estudios adicionales sobre alguna(s) alternativa(s) son necesarios para llegar a esa conclusión.
3. Dentro de las condiciones económicas, ambientales y/o tecnológicas, el proyecto no debería proseguir.

### 3.5.4 Diseño y Planificación.

Esta fase empieza solamente después de la toma de decisiones descrita en el acápite anterior, respecto la ejecución del proyecto.

En caso afirmativo, esto implica que los involucrados cuentan con la disposición, los recursos y las condiciones para proceder hasta llegar a la construcción y luego gestión del agua por aprovechar. Se inicia el proyecto de diseño detallado de las obras componentes del proyecto, la definición de las especificaciones técnicas relativas a su calidad, procesos de licitación, etc.

La fase de planificación y diseño debe llevarse en el marco de una visión integral de los problemas y necesidades a resolver. Los pasos clave para ello pueden sintetizarse en:

1. **Establecer claramente los objetivos del diseño:** La importancia de este paso radica en la importancia que tienen los objetivos en los aspectos técnicos del diseño.
2. **Transformar los objetivos en criterios de diseño:** La importancia de este proceso es que permite mantener la dimensión del proyecto dentro de los alcances establecidos en un marco concreto de objetividad.
3. **Utilizar los criterios de diseño para la obtención de los objetivos:** En este paso es fundamental efectuar la revisión de aspectos referidos a ingeniería, economía, agricultura, medioambiente, gestión, etc.

### 3.5.5 Ingeniería del Proyecto

Durante la fase de diseño, se debe tomar permanentemente en cuenta el futuro desempeño del sistema de riego, de manera que los efectos de las obras que se introducen en el proyecto puedan ser razonablemente pronosticados.

El buen desempeño de un sistema, esta relacionado con la calidad y funcionalidad de su infraestructura, así como con la rentabilidad en el uso de los recursos productivos. Sin embargo, en el marco de los sistemas de riego, la participación humana, las características y magnitud de la movilización que promueve el riego, nos llevan a destacar principalmente los aspectos relacionados con la gestión institucional de su manejo.

En este contexto, desde el punto de vista de la ingeniería, minimamente deberían establecerse las siguientes pautas relacionadas con el diseño, la importancia y la pertinencia de las obras:

- a. Definición de criterios de diseño y dimensión de las obras.
- b. Escala del emprendimiento y resultados esperados del riego.
- c. Definición de los criterios operativos del futuro sistema.

#### **a. Definición de criterios de diseño y dimensión de las obras**

En principio, es fundamental conocer la disponibilidad de agua, lo que se traduce en una evaluación hidrológica satisfactoria, que permita el adecuado dimensionamiento físico de las obras para cumplir con los objetivos de suministro de agua.

La disponibilidad de agua se analiza en la dimensión del territorio que pretende ser atendido por el futuro sistema de riego, para lo cual es necesario efectuar el pronóstico sobre las aguas potencialmente utilizables, que incluyen: agua de lluvias, agua superficial, agua regulada y agua subterránea.

En todos los casos es necesario que el pronóstico se establezca considerando la cantidad, calidad y oportunidad en que las aguas se encuentran disponibles y pueden ser aprovechadas.

#### **b. Escala del emprendimiento y resultados esperados del riego**

Las metas específicas y los resultados esperados de un proyecto de aprovechamiento de agua deben quedar claramente definidos, puesto que en función de ellos se establecen los criterios de medición de sus efectos e impactos. Además, en la medida que haya claridades la escala del emprendimiento propuesto, se posibilita una mayor compatibilidad y realismo respecto a los diversos objetivos de los actores involucrados en el proyecto.

#### **c. Definición de los criterios operativos del futuro sistema**

En el alcance de un proyecto de riego, es necesario que los criterios operativos sean detalladamente planteados y analizados, de manera que con los involucrados se defina la articulación entre las formas de manejo posibles de parte de quienes se harán cargo del sistema, características y dimensiones de las obras.

### **3.6 ESTUDIOS TÉCNICOS APLICADOS AL DISEÑO DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS**

Para el diseño de estructuras hidráulicas previamente deberá tomarse en cuenta estudios previos, para determinar el tipo de obra requerida de acuerdo a las necesidades del proyecto en cuestión. Entre estos estudios podemos citar en forma general: la hidrología, topografía, aforos, geología, estudio de suelos, estudio del clima, etc.



### 3.6.1 Aplicaciones de la Hidrología en Ingeniería

El estudio de la hidrología es imprescindible para el diseño de un proyecto hidráulico. A continuación se muestran las aplicaciones (el tipo de estudio hidrológico por cada proyecto hidráulico) e importancia de la hidrología en ingeniería:

- ☛ Selección de fuentes de abastecimiento de agua para uso doméstico o industrial
- ☛ Estudio y construcción de obras hidráulicas:
  - Fijación de las dimensiones hidráulicas de obras de ingeniería, tales como puentes, etc.
  - Proyectos de presas
  - Establecimiento de métodos de construcción
- ☛ Drenaje
  - Estudio de características del nivel freático.
  - Examen de las condiciones de alimentación y de escurrimiento natural del nivel freático: precipitación, cuenca de contribución y nivel de agua de las corrientes.
- ☛ Irrigación
  - Selección de agua necesaria
  - Estudio de evaporación e infiltración
- ☛ Regulación de los cursos de agua y control de inundaciones
  - Estudio de variaciones de caudal y previsión de crecientes máximas.
  - Examen de las oscilaciones del nivel de agua y de las áreas de inundación.
- ☛ Control de polución
  - Análisis de la capacidad de recepción de los cuerpos receptores de efluentes de sistemas de agua de desecho: caudales mínimos, capacidad de reaeración y velocidad de escurrimiento.
- ☛ Control de erosión
  - Análisis de intensidad y frecuencia de precipitaciones máximas; determinación de coeficientes de escorrentía superficial.
  - Estudio de la acción erosiva de las aguas, y de la protección contra ésta por medio de la vegetación y otros recursos.
- ☛ Navegación
  - Obtención de datos y estudios sobre construcción y mantenimiento de canales navegables.
- ☛ Aprovechamiento hidroeléctrico
  - Caudales máximos, mínimos y promedio de los cursos de agua para el estudio económico y el dimensionamiento de las instalaciones del aprovechamiento.
  - Estudio de sedimentos par determinación de embalse muerto.
  - Estudio de evaporación e infiltración.
  - Estudio de oleaje en embalses.
- ☛ Operación de sistemas hidráulicos complejos
- ☛ Recreación y preservación del medio ambiente.
- ☛ Preservación y desenvolvimiento de la vida acuática.

En el Cuadro 3.3 se presentan estudios hidrológicos requeridos en proyectos de propósito múltiple.

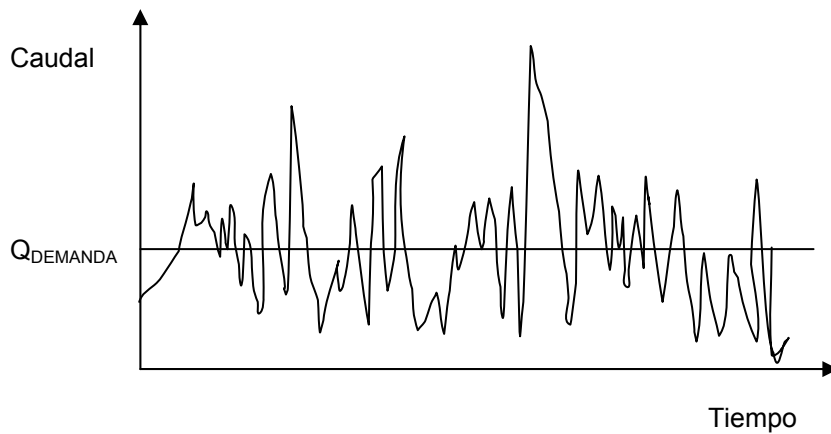
Estudio	1	2	3	4	5
PROPOSITO	PRECIPITACION	EVAPORACION	INFILTRACION	CAUDALES, NIVELES	CONDICIONES DE AGUAS SUBTERRANEAS
1. Erosión del suelo	Intensidad y duración	Humedad del suelo	Capacidad de infiltración	-	-
2. Control de crecientes	Altura de precipitación de la tormenta, intensidad y duración	-	Tasa de infiltración actual.	Frecuencia de caudales máximos.	Infiltración entrante.
3. Navegación	-	-	-	Hidrograma de niveles. Curva de duración de niveles. Niveles mínimos.	Infiltración de agua a través de canales.
4. Hidroelectricidad	Precipitación y evaporación sobre el área de drenaje, y evaporación desde el área del embalse.		-	Promedios	Infiltración a través de presas.
5. Drenaje	Frecuencia de tormenta, intensidad, duración.	Altura del drenaje anual.	Tasa de infiltración actual.	-	Niveles
6. Irrigación	Variación anual de la precipitación; temporadas de cosecha.	Máxima evaporación. Transpiración	Pérdidas por infiltración.	Años húmedos y secos. Niveles en bocatoma.	Pérdidas por percolación. Nivel de la tabla de agua.
7. Abastecimiento de aguas	Precipitación y evaporación sobre el área de drenaje, y evaporación desde el área del embalse.		-	Años húmedos y secos.	Rendimiento seguro.
8. Embalse de agua subterránea	Precipitación anual sobre el área de abastecimiento	Evaporación anual del área de abastecimiento.	Infiltración anual. Recarga	Infiltración entrante y saliente.	Almacenamiento.

**Cuadro 3.3 Estudios hidrológicos de proyectos de propósito múltiple**

### 3.6.2 Medición de caudales

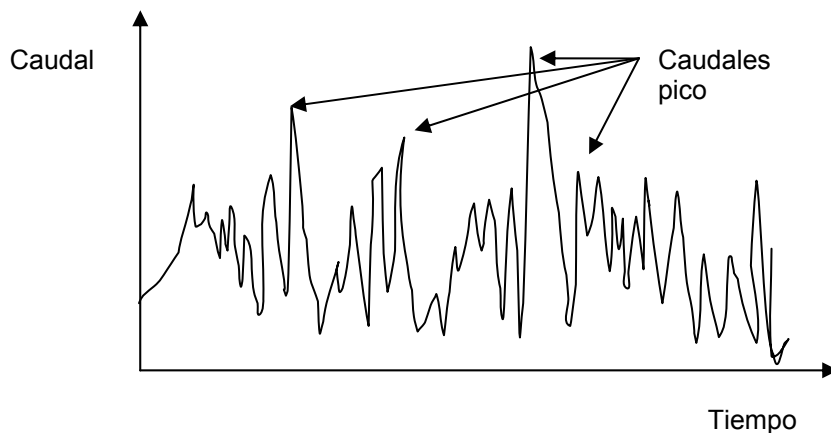
La información de caudales (o niveles de agua) registrada a través del tiempo en los distintos cuerpos de agua (lagos, ríos, lagunas, agua que fluye en canales, etc.) es de suma importancia en el diseño de obras hidráulicas. Pero esta información debe ser manejada e interpretada adecuadamente por el ingeniero a cargo del diseño, de acuerdo a la estructura que este vaya a diseñar. Los datos de medición de caudales requeridos, están en función al tipo de estructura, la demanda y oferta de agua y otros factores como el período de retorno; estos pueden ser caudales de medición continua (por ejemplo para el diseño de canales) o caudales pico o máximos (por ejemplo para el diseño de alcantarillas).

Los **caudales continuos** son requeridos en aquellas estructuras que regulan el caudal a una cierta demanda del proyecto (por ejemplo, la demanda de agua en un proyecto de irrigación). Para comprender de mejor manera este concepto es necesario manejar el concepto de **hidrograma**: “Un hidrograma es la expresión gráfica del caudal (Q) en función del tiempo”, un hidrograma es obtenido a través un hietograma (gráfica de altura del agua en función del tiempo). Por lo tanto los datos necesarios para el diseño con caudales continuos pueden ser fácilmente representados en un hidrograma como se muestra a continuación:



**Figura 3.1 Hidrograma Típico**

A diferencia de las estructuras diseñadas con un cierto caudal de demanda, los eventos máximos o picos en mediciones de caudal, son esenciales para el diseño de estructuras hidráulicas destinadas al control de crecientes, además de estructuras que utilizan caudales máximos con una cierta probabilidad y un periodo de retorno determinado. Entre estas estructuras podemos mencionar por ejemplo: las alcantarillas, vertederos, torrenteras, etc. Para tener una mejor idea del uso de los hidrogramas en el diseño de estructuras hidráulicas observe el cuadro 3.2.



**Figura 3.2 Caudales pico en los hidrogramas**

Tanto para el estudio de la erosión, como para el cálculo y diseño de las estructuras de conservación de suelos e hidráulicas, es necesario el estudio de las precipitaciones máximas. El período de retorno será mayor cuanto mayor sea la importancia y la repercusión social, ecológica y económica de la obra. Así la necesidad de disponer de amplios períodos de retorno contrasta con la disponibilidad de series de datos climatológicos, por lo que se debe recurrir a estimaciones estadísticas.

OBRA	PERIODO DE RETORNO (años)
Estructuras provisionales en zanja	5
Drenaje longitudinal, cunetas, etc...	5 - 10
Estructuras semipermanentes	10
Terrazas de desagüe	10
Pequeñas estructuras permanentes	15 - 20
Terrazas de absorción, aliviaderos	20
Grandes estructuras permanentes	50 - 100

**Cuadro 3.4 Periodos de retorno típicos para estructuras hidráulicas**  
**Fuente: Universidad de Salamanca, división hidráulica.**

Cuando se requiere estimar los caudales máximos asociados a diferentes períodos de retorno, necesarios para estudios de control de inundaciones, diseños de estructuras hidráulicas, etc., se pueden emplear varias metodologías siempre y cuando se disponga de registros hidrológicos de longitud suficiente. Sin embargo cuando existe escasez de información hidrológica se presenta el problema de como determinar los caudales con cierto nivel de confiabilidad.

### 3.6.3 Información básica para presas de almacenamiento<sup>2</sup>

Determinar alternativas (presas de tierra, gravedad, enrocado, etc.) de acuerdo al acceso, geología y geotecnia, materiales de construcción, costos, facilidad de construcción y mantenimiento.

Topografía (las escalas son recomendables):

- Plano de la cuenca hidrográfica (Carta IGM 1:50.000).
- Topografía del vaso (escalas 1:1.000 a 1:5.000)
- Topografía de la boquilla (escalas 1:100 a 1:200)
- Curvas relación altura-área y altura-volumen

Geología y geotecnia:

- Geología general del vaso y la cuenca (morfología y estructura)
- Geología aplicada (Fallas en vaso y boquilla). Existencia de suelos calcáreos en la cuenca. Posibilidades de deslizamientos y filtraciones en el vaso.
- Estudio geotécnico de la cimentación y estribos de la presa: material de recubrimiento, espesor, tipo de cimentación (roca, lecho aluvial).
- Excavación de calicatas.
- Análisis de mecánica de suelos (resistencia y permeabilidad).

<sup>2</sup> “Guía para formulación de Proyectos de Microriego”, PRONAR, 2002

- Determinación del tipo de suelos.
- Ubicación, características y cuantificación de materiales de construcción (bancos de préstamo y acceso a los bancos).

#### Hidrología aplicada

- Operación del embalse.
- Volúmenes de almacenamiento y regulación.
- Caudales máximos para diferentes probabilidades
- Tránsito de avenidas
- Transporte de sedimentos

#### Peligros eventuales de falla:

- Poblaciones agua abajo
- Pérdidas de tierras de cultivo e instalaciones.
- Planes de actuación en caso de falla.

### 3.6.4 Información básica para obras de captación

Determinar alternativas de acuerdo al caudal de captación, ubicación, geología, hidrología, acceso, materiales, etc.

#### Topografía:

- Topografía del cauce 100 a 200 m aguas arriba y aguas abajo del emplazamiento (escala 1:200 a 1:500).
- Topografía del lugar del emplazamiento (escalas 1:100 a 1:200)

#### Geología y Geotecnia:

- Características de la cimentación y materiales de construcción.
- Resultados de la excavación de calicatas.

#### Hidrología aplicada:

- Caudales al 75% de probabilidad y los máximos y mínimos a ser captados.
- Condiciones hidrogeológicas en caso de captación de aguas subterráneas (pruebas de bombeo)

### 3.6.5 Información básica para canales, obras de arte y de control (aforadores)

Escoger alineamiento adecuado entre las alternativas consideradas de acuerdo a los costos (movimiento de tierras, necesidades de revestimiento, obras de arte, etc), límites de propiedades, facilidades de construcción, transporte de cemento y agregados, facilidad de mantenimiento y cobertura del área de riego.







#### Topografía (las escalas son recomendables):

- Plano general (escalas 1:5.000 a 1:10.000)
- Topografía de franja (escala 1:1.000)
- Topografía para obras de arte (escalas 1:50 a 1:200)

Geotecnia:

- Descripción de las condiciones geológicas y geotécnicas a lo largo del trazo del canal.

### 3.7 BIBLIOGRAFIA

-  Gandarillas Humberto, “Concepto de Proyecto”. Cochabamba, Bolivia. Año 2002.
-  Programa de Enseñanza e Investigación en Riego Andino y de los Valles, PEIRAV. “Aguas y Municipios”. Editado por Paul Hoogendam. Cochabamba, Bolivia. Año 1999.
-  Comisión para la gestión integral del agua en Cochabamba (CGIAC). “Gestión Integral del agua en Cochabamba – Síntesis de un foro electrónico (28 de febrero al 15 de abril de 2000)”. Editado por Elías Mujica y Juan Carlos Alurralde. Cochabamba, Bolivia. Julio del 2000.
-  Humberto Gandarillas A, Luis Salazar, Loyda Sanchez B. Dios da el agua ¿Qué hacen los Proyectos? Manejo de agua y organización campesina, Ed. Histol, 1992
-  Germán Monsalve Saénz, Hidrología en la Ingeniería, 2da Edición, Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Colombia.
-  Ministerio de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Viceministerio de Desarrollo Rural y Riego, Programa Nacional de Riego. “Guía para formulación de proyectos de microriego”, Edición CAT PRONAR, Cochabamba – Bolivia, Diciembre 2002.