

Universidad de La Salle
Ciencia Unisalle

Ingeniería Ambiental y Sanitaria

Facultad de Ingeniería

1-1-1999

Aguas superficiales

Sandra Patricia Galan Florez
Universidad de La Salle, Bogotá

Follow this and additional works at: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria

Citación recomendada

Galan Florez, S. P. (1999). Aguas superficiales. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/1278

This Trabajo de grado - Pregrado is brought to you for free and open access by the Facultad de Ingeniería at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Ingeniería Ambiental y Sanitaria by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

1
41.99
6146a
p. 2
A. 71832

AGUAS SUPERFICIALES

SANDRA PATRICIA GALAN FLOREZ



**UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
SANTA FE DE BOGOTÁ, D.C.**

1999

AGUAS SUPERFICIALES

SANDRA PATRICIA GALAN FLOREZ 41921034

**Monografía para optar el título de
Ingeniera Ambiental y Sanitaria.**

Director

HERNANDO AMADO BAENA

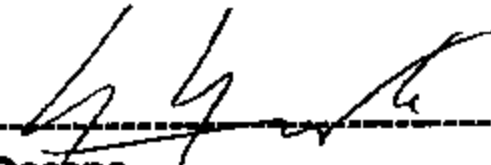
Ingeniero Civil UJ

Esp. Recursos Hídricos UJ




**UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA
SANTA FE DE BOGOTÁ, D.C.**

1999




Decano



Director



Jurado



Jurado

Santafé de Bogotá D.C. 7 de Abril de 1999.

**A mis padres y hermanos con mucho
cariño por los consejos, ayuda y
confianza que brindaron y por ser
definitivamente mis mejores amigos.**

AGRADECIMIENTOS

A DIOS, por obsequiarme la vida y su infinita compañía.

A mis padres Orlando Galán, Clara de Galán y mis hermanos Leonardo y Constanza les estoy especialmente agradecida, por la oportunidad que ofrecieron para realizar mis estudios, su comprensión, ayuda y apoyo Incondicional me dio ánimo para enfrentarme a obstáculos que diariamente me hicieron crecer como persona y como profesional. Ustedes son el regalo más lindo que Dios me pudo dar.

A Gabriel por su amor, paciencia y dedicación durante todos estos años.

Agradezco inmensamente la colaboración de mi director el Ingeniero Hernando Amado, su apoyo y confianza hicieron posible el desarrollo y ejecución del presente documento.

A la Ingeniera Carmenza Robayo Avellaneda Jefe de la división Calidad Ambiental de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca C.A.R. por sus enseñanzas e interés.

Al Ingeniero Jairo Gómez por su cooperación, ayuda y optimismo.

Y a todas aquellas personas que de una u otra manera colaboraron en la realización del presente trabajo.

" Ni la Universidad, ni el asesor, ni el jurado calificador son responsables de las ideas expuestas por los graduandos" (Art. 95 párrafo 1. Reglamento estudiantil).

RIO BEDON-PARQUE PURACE



COLOMBIA
1999

CONTENIDO

	pág
GLOSARIO	
INTRODUCCIÓN	12
1. JUSTIFICACION	14
2. OBJETIVOS	15
2.1 OBJETIVO GENERAL	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3. SISTEMAS FRÁGILES	16
3.1 LAS AGUAS SUPERFICIALES Y SU INTERACCION CON EL MEDIO AMBIENTE	19
3.2 MEDIDAS PARA LA CONSERVACIÓN DE SISTEMAS HÍDRICOS	22
4. DINÁMICA DE LAS FUENTES HÍDRICAS	24
4.1 DINÁMICA FLUVIAL	25
4.1.1 Ríos Torrenciales	25
4.1.2 Ríos Trenzados	26
4.1.3 Ríos Meándricos	27
4.2 DINÁMICA DE VERTIENTES	29
4.3 TRANSPORTE DE MATERIALES	30
4.4 PARÁMETROS EN LOS CAUCES DE CORRIENTES SUPERFICIALES	31

5. AFOROS	33
5.1 IMPORTANCIA DEL AFORO	33
5.2 MÉTODOS DE MEDICION	34
5.2.1 Métodos Directos	34
5.2.2 Métodos Indirectos	42
6. MÓDULOS DE CONSUMO	49
6.1 PARÁMETROS PARA LA DETERMINACIÓN DE MODULOS	49
6.2 MODULOS DE CONSUMO C.A.R.	54
7. OBRAS DE CAPTACION	55
7.1 REQUISITOS	55
7.2 TIPOS DE BOCATOMA SENCILLAS MAS COMUNES	56
8. CONSIDERACIONES DEL TRAMITE DE CONCESIÓN	60
9. RECOMENDACIONES	64
BIBLIOGRAFÍA	66
ANEXOS	68

LISTA DE FIGURAS

	pág
FIGURA 1. Humedal Juan Amarillo, Suba. Santafé de Bogotá- Bosque de Niebla. Machetá. Cundinamarca.	16
FIGURA 2. Páramo Cerro Santuario. Cundinamarca - Laguna San Rafael. Cauca.	17
FIGURA 3. Nacimiento Riachuelo, Parque Puracé – Lago La Cocha Narño.	18
FIGURA 4. Río Negro, Útica, Cundinamarca.	19
FIGURA 5. Río Vaupés, Vichada.	24
FIGURA 6. Río Torrencial, Río Magdalena, Colombia.	25
FIGURA 7. Río Trenzado, Río Santa Rita, Vichada.	27
FIGURA 8. Río Meándrico, Río Vaupés, Vichada.	28
FIGURA 9. Meándro Río Vaupés Vichada	29
FIGURA 10. Río Cuja, Pasca, Cundinamarca.	31
FIGURA 11. Aforo volumétrico en corrientes pequeñas.	35
FIGURA 12. Contracción lateral en vertederos.	38
FIGURA 13. Vertedero Rectangular con contracción.	39

FIGURA 14. Medidor Parshall.	40
FIGURA 15. Método de flotador.	42
FIGURA 16. Detalle de la medición de la velocidad superficial-método de flotador.	43
FIGURA 17. Molinete de hélice – Molinete de copas.	46
FIGURA 18. Velocidades medias y su distribución.	48
FIGURA 19. Bocatoma lateral.	57
FIGURA 20. Bocatoma de Fondo.	58
FIGURA 21. Bocatoma de Tubo corto.	59

LISTA DE CUADROS

	pág
CUADRO 1. Parámetros a determinar en corrientes superficiales	32
CUADRO 2. Coeficientes para el cálculo del caudal con medidor Parshall.	41
CUADRO 3. Relación entre el ancho del cauce y las verticales Para medición	47

LISTA DE ANEXOS

	pág
ANEXO A. Módulo de consumo Doméstico	69
ANEXO B. Módulo de consumo pecuario	70
ANEXO C. Módulo de riego	71
ANEXO D. Formato para el cálculo de aforos	72

GLOSARIO

ABIÓTICO: Se refiere a la parte no viviente del medio natural que se encuentra conformada por elementos o sustancias inertes como rocas, arenas, agua y aire entre otros.

AFOROS: Medición realizada en una corriente de agua, con el fin de cuantificar el caudal en un instante dado.

AGUAS DE USO PRIVADO: Son aquellas que nacen y mueren dentro de un mismo predio.

AGUAS DE USO PÚBLICO: Las que por ley de la República su manejo y conservación han sido delegadas a las Corporaciones Autónomas Regionales.

ÁREA TRANSVERSAL: Area perpendicular al flujo del agua.

ANCHO SUPERFICIAL: Es la longitud de la superficie libre del río en la sección transversal.

BIÓTICOS: Abarca los componentes biológicos como flora, fauna y la interrelación ecológica de los recursos naturales.

BOSQUE: Conjunto de especies vegetales (Hierbas, Arbustos y Árboles) que actúan como un ecosistema para la conservación del Recurso Hídrico.

CAUDAL: Volumen o cantidad de agua medida en una unidad de tiempo.

CICLO BIOGEOQUÍMICO: Circulación de los materiales en el ecosistema a través del proceso vida, muerte, putrefacción y mineralización.

COMPONENTE SOCIOECONÓMICO Y CULTURAL: Son las interrelaciones antrópicas que suceden en el ambiente, tales como la forma de vida y las actividades que realiza una población.

DINÁMICA FLUVIAL Y DINÁMICA DE VERTIENTES: Relaciona los fenómenos erosivos y de sedimentación que se pueden presentar a causa de las corrientes fluviales, lluvias, tipo de suelo y vegetación cercana.

DRAGADOS: Remoción, mediante equipos mecánicos, de piedra, arena, conglomerado, troncos o barro que se han acumulado en las fuentes hídricas.

EFFECTOS ANTRÓPICOS: Intervención del hombre dentro de un sistema natural, dando origen a cambios en su hábitat.

ENCAUZAMIENTO: Conducción artificial de las aguas de una corriente hídrica, para que ésta utilice parte de su cauce (realizando una corrección); uno que la corriente había utilizado históricamente u otro nuevo, previo estudios técnicos para tal efecto.

EROSION: Consiste en la lenta pero constante pérdida de las capas blandas del suelo por acción del agua y/o el viento, además de la pérdida de la vegetación del suelo por acción de los agentes antrópicos y meteorológicos

EROSIÓN HÍDRICA: Ocasionada por la precipitación y el escurrimiento de agua, formando surcos sobre la tierra.

EROSIÓN ANTRÓPICA: Desgaste de la capa vegetal del suelo, originado por el hombre debido a prácticas agropecuarias inadecuadas, talas, quemas, y residuos sólidos entre otros.

EROSIÓN DE REMOCIÓN DE MASAS: Se produce por grandes concentraciones de agua que dejan a su paso surcos o zanjones destruyendo suelos agrícolas, edificaciones y obras de Ingeniería.

ESPIGONES O ESPOLONES: Estructuras hidráulicas que permiten efectuar correcciones de márgenes en una fuente hídrica. Para su utilización es necesario utilizar estudios técnicos que permitan preveer su beneficio.

ESPECIES NATIVAS: Grupo de organismos vegetales con características estructurales y funciones similares, propias de pisos bioclimáticos, como por ejemplo el fralejón en los páramos.

HUMEDALES: Resultado del afloramiento de aguas subterráneas, poco profundas y permanentes, mantenidas por el nivel freático; desempeña funciones importantes como el control de inundaciones, hábitat para la vida silvestre y control de la erosión entre otras.

LAGO: Cuerpos de agua que se han formado por fallas, hundimientos y movimientos de la corteza terrestre, siendo elementos importantes para el almacenamiento y sostenimiento del recurso Hídrico.

LAGUNA: Extensión de aguas dulces que se encuentran localizadas por lo general cerca a regiones de actividad volcánica, algunas formadas por inundación de llanuras en zonas tropicales, lo que constituye un gran sistema de almacenamiento de agua superficial y un excelente hábitat para la fauna.

MANANTIALES: Afloramiento de agua subterránea, conocido como nacedero o nacimiento de aguas. Sus aguas pueden discurrir dando origen a un cauce, conformando una quebrada o un río, o pueden ser cerrados.

MINERALIZACION: Parte final del proceso de descomposición de la materia orgánica, en la cual la disociación de las moléculas permite reacciones que dan lugar a la formación de nuevos compuestos orgánicos que se reincorporan a la parte mineral del suelo, de donde son tomados por las plantas, cerrándose así el ciclo biológico.

MÓDULO DE CONSUMO: Indica la cantidad de agua necesaria y suficiente para abastecer la demanda consumidora de acuerdo al uso y destino; expresada en Lt/hab/día.

OBRA DE CAPTACIÓN: Estructura hidráulica que permite derivar el caudal necesario de la corriente superficial para atender las necesidades de uno o más usuarios con destino a los usos requeridos.

PÁRAMO: Sistema altoandino que se encuentra generalmente por encima de los 3000 m.s.n.m caracterizado especialmente por presentar vegetación (espelebia comúnmente conocido como frallejon, sp y musgo)

PROFUNDIDAD HIDRAULICA: Se refiere al valor obtenido de dividir el área promedio de la sección transversal y el ancho superficial de la corriente.

INERTE: Sin actividad; lo que nunca ha tenido vida, o si la tuvo, como en el caso de los fósiles, ha sido tiempo atrás y en su condición actual prima lo mineral.

SISTEMAS FRÁGILES: Ecosistemas vulnerables a los efectos antrópicos, pueden ser fácilmente perturbados y difícilmente recuperables.

USO CONSUNTIVO: Fracción de la lluvia que queda almacenada en el suelo, usada posteriormente por la vegetación.

VOLUMEN: Es la magnitud medida como la relación entre el caudal que pasa por una corriente en un intervalo de tiempo.

INTRODUCCIÓN

Colombia por estar ubicada en la Zona Tórrida recibe la influencia de diferentes fenómenos climáticos, entre ellos el de la convergencia intertropical lo que le permite ser uno de los países con mayor riqueza hídrica a escala mundial, pero la gran mayoría de colombianos desconocen lo anterior atentando contra los diferentes sistemas hídricos.

Es importante conservar el recurso hídrico, por cuanto es fundamental en la regulación hídrica ya que amortigua los grandes caudales, es rico en productividad biológica y el hábitat de muchas especies, sirve como medio de comunicación, los cultivadores lo utilizan para riego de los sembrados, y lo más relevante: es fuente de agua potable.

Por otro lado es importante controlar la calidad hídrica ya que, las aguas superficiales son el medio para la transmisión de enfermedades a personas y animales.

Paradójicamente, Colombia siendo un país rico en el recurso hídrico, el desconocimiento y el escaso valor que se le otorga al recurso, hacen que los habitantes de los centros poblados y en especial de las grandes ciudades viertan sus desechos en los cuerpos de agua; a lo anterior, se le suma el ser receptores de los procesos de contaminación de las diferentes actividades de los sectores productivos del país.

El campesino en su afán de obtener más y mejores cosechas y los ganaderos en acrecentar sus rebaños, han venido ampliando sus horizontes de siembra, talando bosques coadyuvando a la erosión y a la desaparición diaria de quebradas, lagunas, ríos y con el tiempo al deterioro definitivo de importantes cuencas hidrográficas.

Por consiguiente, este documento contiene elementos básicos de consulta para funcionarios encargados del manejo del recurso hídrico de las regionales C.A.R. con el fin de que sirva de ayuda en su labor diaria encausada en la prevención del deterioro hídrico y en llevar a la población elementos de juicio para que ésta tome conciencia de la importancia de cuidar y conservar algo tan valioso como es el recurso agua.

1. JUSTIFICACION

La Corporación Autónoma de Cundinamarca, C. A. R. creada por la Ley 3ª de 1961, tiene como finalidades principales las de promover y encauzar el desarrollo económico de la región comprendida en su jurisdicción, atendiendo a la conservación, defensa, coordinación y administración de todos los recursos naturales. Es así como, se crearon Direcciones Regionales que presten una ayuda óptima y eficiente requiriéndose personal técnico capacitado, especialmente en el manejo y administración del recurso hídrico.

Concordante con lo anterior, la Subdirección de Descentralización y Participación Ciudadana cumpliendo con una de las estrategias de la C. A. R., promovió la realización de una serie de módulos de capacitación orientados a dicho personal para que de manera práctica y didáctica multipliquen, enriquezcan y cooperen con el programa " Cultura del Agua", dada la importancia, frecuencia, y potencialidad del uso y gestión en cuanto al recurso hídrico se refiere.

Consecuente con lo anterior, este documento hace parte de dicho programa, cuya ejecución fue orientada por la División de Calidad Ambiental de la Subdirección Control Calidad Ambiental.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Ilustrar a los funcionarios de las unidades regionales de la Corporación Autónoma Regional (C. A. R.) en los procedimientos técnico-administrativos utilizados en el manejo del recurso hídrico superficial.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desarrollar a través de módulos de consulta o textos y documentos de capacitación, mecanismos prácticos y ágiles que permitan contar con elementos para el manejo adecuado de las aguas superficiales.
- Identificar las variables técnicas que actúan en la protección y conservación de los sistemas hídricos externos.
- Describir los métodos comunes de aforo, algunos sistemas de captación y los trámites de concesión de aguas.

3. SISTEMAS FRAGILES

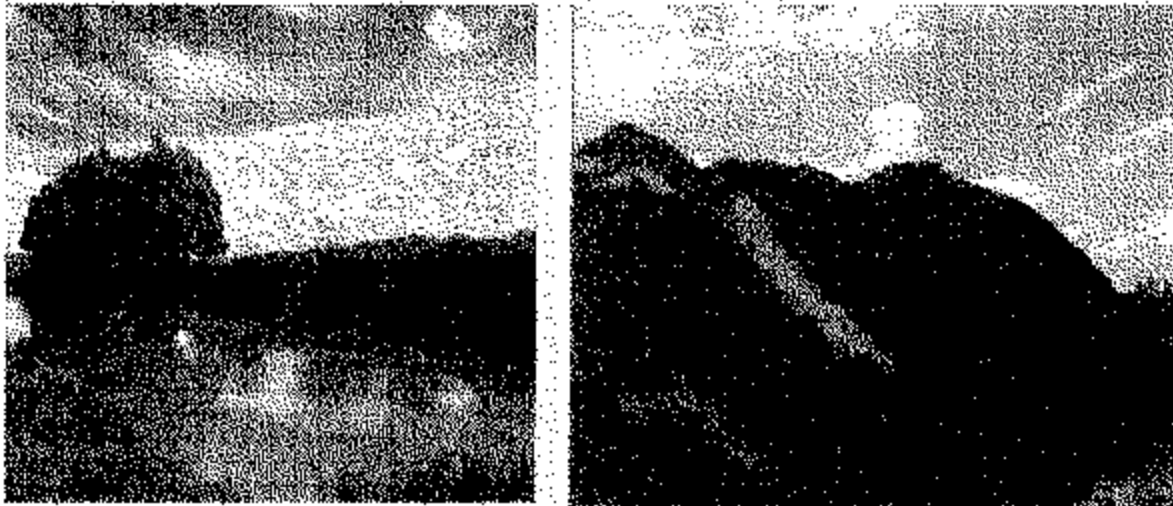


FIGURA 1. Izquierda. Humedal de Juan Amarillo, Suba. Santafé de Bogotá,
Derecha. Bosque de niebla, Machetá. Cundinamarca.

En general todos los sistemas naturales son considerados como frágiles porque son extremadamente vulnerables a los efectos antrópicos y difícilmente recuperables; el impacto de las actividades humanas sobre su ambiente a la que están sometidos hace incrementar su fragilidad razón por la cual necesitan una especial atención.

Dentro del tipo de sistemas denominados frágiles, que nos proveen agua y servicios se encuentran: nevados, manglares, estuarios, entre otros, siendo de especial interés en nuestro estudio los páramos, humedales, bosques, lagos, lagunas y manantiales, que ofrecen cantidades apreciables de agua gracias a la

naturaleza, condición y ubicación de cada uno de ellos; en cuanto a su naturaleza, en cada sistema intervienen 2 factores abióticos: sustancias inorgánicas (oxígeno, dióxido de carbono, fósforo, nitrógeno y sales), factores ambientales (clima, pH, orografía y geomorfología) y compuestos orgánicos (clorofila, grasas, proteínas, carbohidratos y detritos). La ubicación y condición relacionan la posición orográfica, la intensidad y la distribución de las precipitaciones, definiendo la presencia de cada tipo de sistema frágil.



Figura 2. Izquierda. Páramo Cerro Santuario Cundinamarca, Derecha. Laguna San Rafael, Parque Puracé Cauca
Fotografía: ORLANDO GALÁN

Por ejemplo en el páramo (ver figura 2), que es un sistema en el que las condiciones ambientales son drásticas, opera un tipo de selección biótica frágil y vulnerable, lo que condiciona la presencia de los organismos que han logrado

adaptarse hasta este ambiente, características climáticas extremas por la altitud y latitud entre las que sobresalen: la baja disponibilidad de oxígeno en el aire debido a la baja presión atmosférica cambios abruptos de temperatura en las fases noche-día; addez muy alta de los suelos y la lenta descomposición de la biomasa muerta entre otras, a pesar de todas estas limitaciones el páramo se considera el sistema más sofisticado para el almacenamiento de agua debido a la gran acumulación de materia orgánica que aumenta los espacios de retención de agua y a la morfología de las plantas del páramo que actúan como " efecto esponja" por la necesidad de beber agua dulce proveniente de la lluvia, niebla o lagunas como la Laguna San Rafael (ver figura 2) a 3360 msnm y numerosos manantiales y lagos (ver figura 3), que se encuentran por encima de los 3000 msnm localizados y formados dentro de este sistema frágil como lo es el páramo.

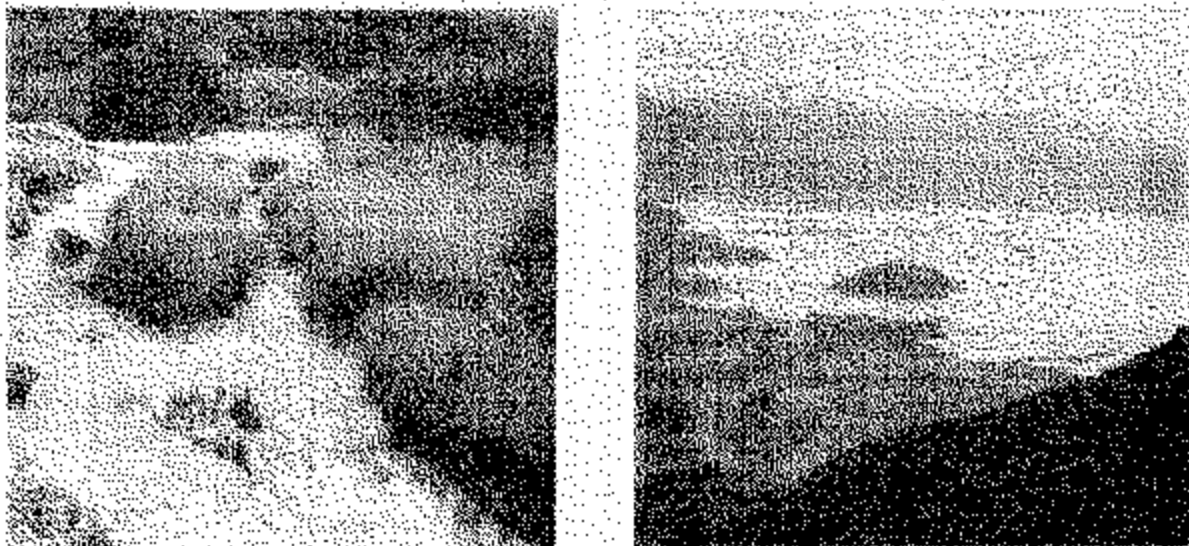


Figura 3. Izquierda, Nacimiento de riachuelo Parque Purace. Derecha, Lago La Cocha, Nariffo.

Todos estos sistemas debidamente administrados regulan las aguas, protegen el potencial biológico, e interactúan conjuntamente para su propia supervivencia y funcionamiento, con lo cual pasan a hacer parte fundamental del bienestar humano, permitiendo al hombre la utilización de sus recursos para proveerlo de energía eléctrica, de agua potable y facilitar la renovación del aire que respira; siendo desde este punto de vista ecosistemas estratégicos, por la dependencia que respecto a ellos tienen los procesos básicos de los seres vivos.

3.1 LAS AGUAS SUPERFICIALES Y SU INTERACCION CON EL MEDIO AMBIENTE.



**FIGURA 4. Río Negro – Utica, Cundinamarca
Fotografía: ORLANDO GALÁN**

Los ríos, riachuelos, arroyos y quebradas son sistemas acuáticos corrientes, asociados comúnmente a lugares de erosión, de transporte y de sedimentación de materiales. El agua que transportan los ríos está íntimamente ligada al ciclo hidrológico.

Los lagos y lagunas pertenecen a la categoría de aguas quietas o lénticas. La mayoría de los lagos se han formado en las altas montañas por procesos de deshielo o movimientos de la estructura de la corteza terrestre; en cambio las lagunas se han formado en las partes bajas de los ríos por procesos de inundación de las llanuras.

Actualmente, lagos y lagunas están destinados a desaparecer debido a la acumulación de sedimentos y materia orgánica en el proceso natural del metabolismo en el cuerpo de agua, por acumulación de materiales arrastrados de afuera por acción de las lluvias y corrientes o por acción directa del hombre, como en el caso de la laguna de Fúquene ubicada en inmediaciones de los municipios de Susa, Fúquene y Simijaca en el departamento de Cundinamarca, donde personas inescrupulosas han venido invadiendo sus orillas para ampliar sus áreas de cultivo.

Estrechamente ligados a los sistemas acuáticos se encuentran los sistemas de páramo. En el departamento de Cundinamarca, se encuentra uno de los más importantes páramos del país: el páramo de Sumapáz, constituyéndose en una

inmensa reserva de agua, pues al igual que los demás páramos se comporta como una esponja que va soltando lentamente su contenido de agua, alimentando de esta manera miles de riachuelos que finalmente harán parte de numerosas cuencas hidrográficas.

Los ríos, quebradas, lagos, lagunas y páramos hacen parte integrante del ciclo hidrológico. Del agua que cae como lluvia, sólo una porción llega a los cauces de los ríos. Parte se evapora del suelo, de las rocas y de la vegetación, parte es tomada por las plantas a través de las raíces y otra se infiltra, recargando el sistema de aguas.

Mientras mayor sea el caudal de una corriente, con un cauce de alta pendiente, mayor será la capacidad de arrastre de materiales y más fuerte el impacto que éstos causen sobre el suelo.

Hasta hace unos años, por lo que Cundinamarca poseía zonas boscosas tropicales, donde existían lluvias a lo largo de todo el año, los ríos mantenían caudales de agua más o menos constantes. Hoy en día, debido a la tala indiscriminada estas zonas han desaparecido dando lugar a zonas cálidas áridas y semiáridas, que como en el caso de los municipios de Nariño, Beltrán, Guataquí y Jerusalén, durante varios meses del año no hay precipitación secándose por completo los cauces de quebradas y ríos. Cuando vienen las lluvias, éstas son tormentosas y corren por cauces irregulares, formando cada vez nuevos surcos y, dependiendo de la fuerza

de la corriente y del arrastre de materiales, pueden destruir a su paso pontones, camoteables o inundar las zonas aledañas.

De ahí que debe existir una política clara acerca de la conservación de los bosques, pues las modificaciones que el hombre está haciendo en el ambiente, especialmente con la destrucción de zonas boscosas, traen alteraciones en el balance del agua y en el clima, de magnitudes aún no suficientemente evaluadas.

3.2 MEDIDAS PARA LA CONSERVACIÓN DE SISTEMAS HÍDRICOS

El uso y aprovechamiento de los recursos naturales proporcionados por los diferentes sistemas hídricos dentro de la zona andina, permite visualizar la urgente necesidad de control y seguimiento para cada uno de los sistemas anteriormente citados, con el fin de proteger y recuperar las zonas de recarga de agua garantizando de esta forma la oferta hídrica natural superficial.

A continuación se presentan algunas de las principales medidas que se deben propiciar e implementar con el fin de proteger y conservar los sistemas hídricos.

☛ Delimitar y aislar zonas aptas y puntuales para la agricultura y la ganadería en cada sistema, evitando de esta manera la degradación antrópica.

- ☛ Implementar programas de educación ambiental dirigido a comunidades que habiten cerca o dentro de estos sistemas, efectuando seguimientos que permitan verificar el cumplimiento de las metas inicialmente propuestas.

- ☛ Controlar la tala y quemas indiscriminadas en especial a nivel de páramos y bosques nativos.

- ☛ Evitar el corte de matorrales y bosques para leña u otros usos y propender por la reforestación múltiple con ESPECIES NATIVAS, involucrando a la comunidad.

- ☛ Declarar y determinar áreas de reserva natural y facilitar las acciones de CONTROL Y VIGILANCIA para su conservación.

- ☛ Adquirir, selectivamente, predios localizados en las zonas estratégicas para el manejo del agua así como regular las actividades de los propietarios en tales áreas, Incentivando los usos compatibles con la protección del recurso.

- ☛ Declarar y establecer zonas de reserva forestal, para proteger los bosques que influyen en la regulación de los caudales de los diferentes Sistemas Hídricos.

- ☛ Seleccionar e Implementar tecnologías apropiadas de cultivo que NO atenten contra la conservación de los suelos y la calidad del recurso hídrico superficial.

- ☛ Generar programas que permitan a corto plazo el tratamiento de aguas residuales cuyos efluentes pueden ser vertidos a los cuerpos hídricos.

4. DINÁMICA DE LAS FUENTES HÍDRICAS

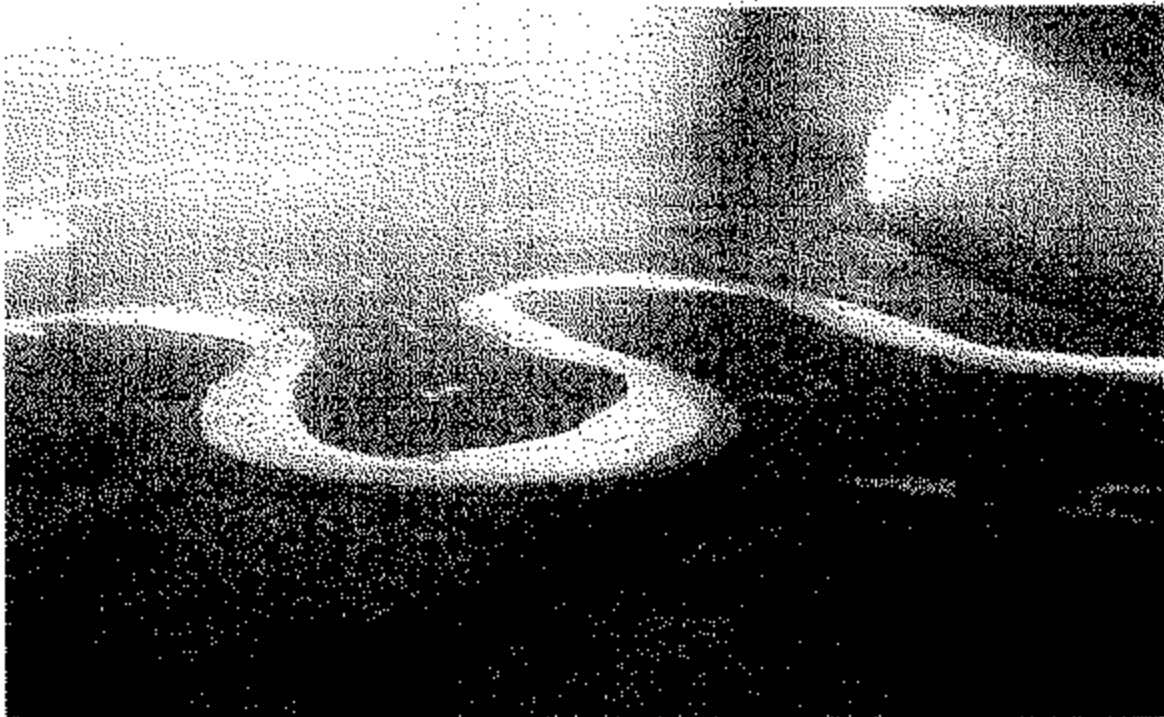


FIGURA 5. Río Vaupés – Vichada
Fotografía: ORLANDO GALÁN

Al proyectar cualquier obra de ingeniería en corrientes fluviales o cerca de éstas tales como: bocatomas para acueducto o riego, puentes, obras de defensa y control, es necesario tener en cuenta la dinámica fluvial, dinámica de vertientes y transporte de materiales del sector donde se vayan a construir, con el fin de prever procesos erosivos, fenómenos de sedimentación en los diferentes tramos del corriente.

4.1 DINÁMICA FLUVIAL

Este tipo de dinámica o fenómeno erosivo adquiere sus características de acuerdo con la pendiente, la velocidad, la descarga y el transporte de material de los cauces de las corrientes de agua, clasificando los ríos en:

- Torrenciales
- Trenzados
- Meándricos

4.1.1 RÍOS TORRENCIALES



FIGURA 6. Río Torrencial, Río Magdalena – Colombia
Fotografía: ORLANDO GALÁN

Las principales características de esta clase de ríos son:

- Pendientes altas y corrientes con gran cantidad de sólidos transportados.
- Flujo con altas velocidades
- Cauces fuertes y angostos
- Desprovistos de vegetación por lo general sobre sus flancos
- Receptores de nacimientos que hace que aumente el caudal.

Inicialmente los ríos torrenciales por pertenecer a ríos de montaña están compuestos de 3 sectores: el primer sector es la zona donde hay mayor concentración de las aguas debido a los nacimientos y precipitaciones que aumentan su capacidad de carga, dando origen a la erosión lineal (excavación vertical). En el segundo sector se encuentra el canal de desagüe que es el tramo donde la excavación y la acumulación de materiales toma lugar, estos se constituyen en barreras naturales que desvían las corrientes hacia los márgenes ocasionando socavamientos que desequilibran los taludes lo cual origina con frecuencia derrumbes que forman taponamientos del cauce. En esta zona los lechos son encajonados y angostos en forma de "V" o de "U".

El último sector es donde el torrente desemboca y corresponde a tramos de pendiente más moderada; sin embargo estas zonas pueden y deben ser controladas para que cumplan las funciones de plazoletas gigantes de sedimentación pero sin presentar peligro de desbordamiento en la zona litoral o en la zona de confluencia con otro río.

4.1.2 RÍOS TRENZADOS

Entre las principales características que presenta este río están:

- Numerosos canales y brazos que se entrelazan.
- Discurren por tramos de bajas pendientes.



FIGURA 7. Río Trenzado, Río Santa Rita – Vichada
Fotografía: ORLANDO GALÁN

- Cauces muy inestables, debido a la dinámica a que están sometidas sus orillas haciendo que éstas sean de fácil socavación, lo que conlleva a que las corrientes cambien repentinamente de dirección y arrastren los materiales procedentes de socavación y los depositen aguas abajo.

4.1.3 RÍOS MEANDRICOS

Su principal característica es la formación de meandros en su recorrido, constituidos por curvas de hasta 180° (ver figura 9), generadas naturalmente en la disipación de su energía hidráulica, motivo por el cual su recorte, puede generar graves consecuencias en su comportamiento hidráulico posterior, si no se han efectuado estudios técnicos conducentes para dicho evento.

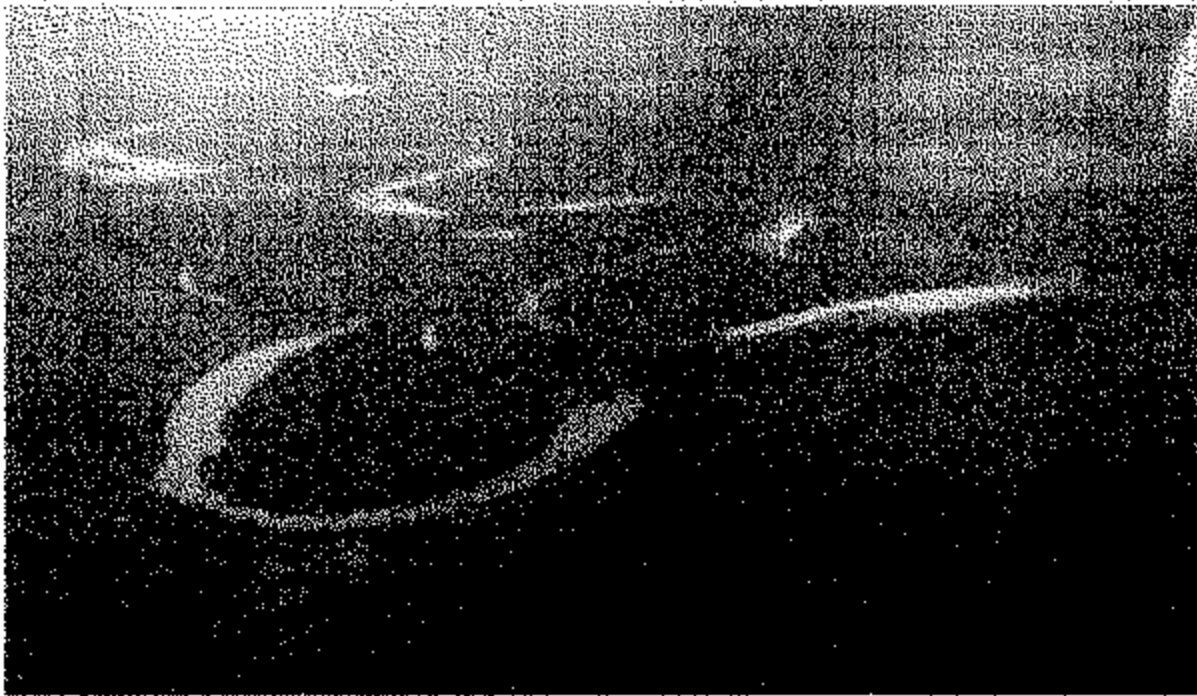


FIGURA 8. Río Meándrico, Río Vaupes – Vichada
Fotografía: ORLANDO GALÁN

Características anexas a estos ríos son:

- Pendiente y velocidad bajas.
- Baja capacidad del cauce para evacuar grandes caudales.
- Por la variación periódica de niveles concordantes con los caudales de diferentes épocas, los suelos de su valle aluvial son sometidos a diferentes estados de humedad, ocasionando desprendimientos puntuales de volúmenes considerables de sus márgenes.
- Tienen la tendencia a variar de cauce cuando se tratan de ríos jóvenes, conformando nuevos meandros. Los meandros abandonados son usualmente llamados "Madrevieja".



Figura 9. Meandro, Río Vaupés. Vichada
Fotografía: ORLANDO GALÁN

4.2. DINÁMICA DE VERTIENTES

Trabaja con tres (3) fenómenos de especial importancia cuando se habla de características de las fuentes hídricas:

1. Erosión Hídrica: En general ocasionada por la acción del agua, particularmente se refiere al transporte de material (material pétreo) dentro de su cauce a lo largo de su cuenca.

- ◆ **Erosión Pluvial:** El agua que cae de la precipitación penetra y escurre en el interior del suelo desestabilizando la firmeza del mismo.
- ◆ **Erosión por Escurrimiento:** El suelo al perder firmeza con la erosión hídrica y pluvial, se debilita y ocasiona su deslizamiento acompañado de rocas y cobertura vegetal, formando surcos que cortan la capa superficial, dejando zajones que dan un aspecto árido a la tierra; este grado de erosión depende del tipo de suelo y pendiente en que suceda.

2. Erosión de remoción de masas: Cuando por concentraciones elevadas de agua se produce algún tipo de erosión anteriormente mencionada, los surcos o zanjones allí formados se desplazan debido a la falta de firmeza y estabilidad que el suelo erosionado obtiene, poniendo en peligro o destruyendo suelos agrícolas, edificaciones y obras de ingeniería.

3. Erosión Antrópica: A la erosión que se origina por acción del viento y el agua se suma la originada por el hombre debido a quemas, talas de bosques, sobrecargas en los terrenos de media ladera y ubicación de puentes en zonas no adecuadas ocasionando pérdida en las capas vegetales del suelo.

4.3 TRANSPORTE DE MATERIALES

Las corrientes transportan materiales sólidos, materiales sólidos disueltos y en suspensión. Los primeros se refieren a la materia inorgánica como detritus de origen aluvial esto es, bloques, restos de roca, gravas, arenas y similares, los segundos corresponden a materia orgánica o inorgánica, que con el agua conforman compuestos químicos y los suspendidos aquellos que pueden verse a simple vista como pequeñas partículas que determinan la turbiedad del agua.

Por su parte un alto contenido de sólidos en suspensión o alta turbiedad, también es limitante para el ecosistema acuático ya que impide el paso de los rayos solares, daña y tapona el sistema de intercambio gaseoso en los animales acuáticos (branquias, agallas) y destruye sus hábitats naturales.

4.4 PARÁMETROS EN LOS CAUCES DE LAS CORRIENTES SUPERFICIALES



FIGURA 10. Río Cuja - Pasca, Cundinamarca
Fotografía: ORLANDO GALÁN

A pesar de que las corrientes debido a su propia dinámica están modificando constantemente sus cauces, es importante considerar en ellos algunos parámetros tales como profundidad, longitud, ancho, área y caudal, (ver cuadro 1), aspectos que se deben tener en cuenta en el estudio de las corrientes superficiales.

CUADRO 1. Parámetros a determinar en corrientes superficiales

Parámetro	Unidad (S.I)	Determinación
Profundidad hidráulica d	m	$D = A / w$
Longitud L	m	
Ancho superficial w	m	W
Area transversal A	m^2	$A = d \cdot W$
Caudal Q	m^3 / s	Q = volumen / tiempo

Cada uno de estos parámetros se determina para el diseño de obras de captación, cálculos de aforo, determinación del tipo de flujo y en general estudios sobre corrientes superficiales, para lo cual se requiere un mapa con coordenadas topográficas y el estudio de campo que precise datos como la longitud, caudal, área transversal y ancho superficial de la fuente en análisis.

5. AFOROS

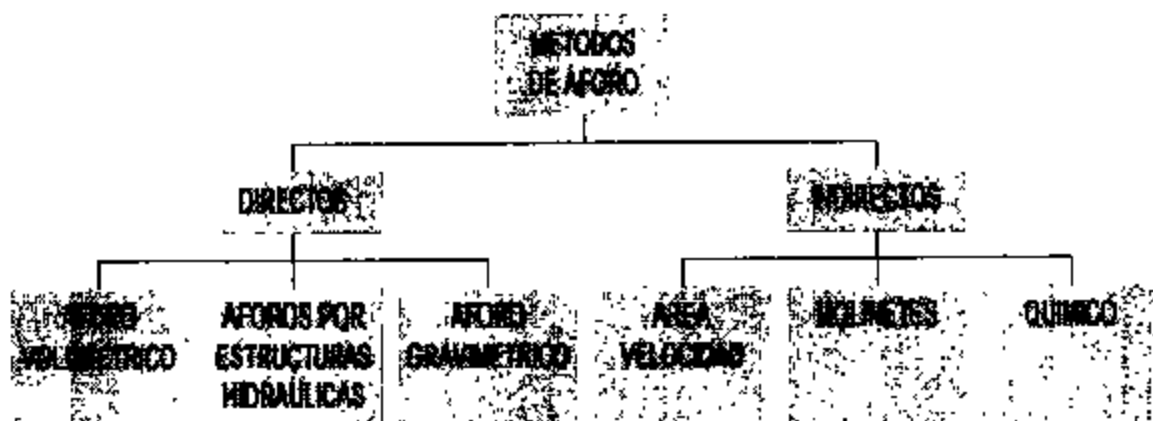
5.1 IMPORTANCIA DEL AFORO

El objetivo fundamental del aforo de todas las corrientes dentro de la jurisdicción C.A.R. es obtener datos confiables de caudales para ser utilizados en el ordenamiento, control y preservación, en síntesis en la gestión con relación al recurso hídrico permitiendo establecer la derivación del caudal asignado mediante obras de captación para los usos destinados; entre más datos de aforo se tengan es más confiable la gestión que se adelante con relación a un recurso hídrico y en consecuencia las determinaciones que se adopten serán más precisas.

El aforo de una fuente en diferentes secciones y el control de las derivaciones conocidas, permiten establecer la posibilidad de atender otras demandas de los mismos o de nuevos usuarios, mediante la ejecución de un balance hídrico teniendo en cuenta los caudales aportados por la fuente en época de estiaje, observando siempre la conservación de un caudal para el sostenimiento del recurso.

5.2 MÉTODOS DE MEDICIÓN

Algunos de los métodos comúnmente empleados para realizar aforos se presentan en el esquema 1 y se describen a continuación:



ESQUEMA 1. Métodos de Medición de Aforos

5.2.1 METODOS DIRECTOS

♦ Aforo Volumétrico

Es útil en la medición de corrientes de caudales pequeños (menores de 6 L/seg) aprovechando pequeñas caídas en su cauce, que permiten conducir la totalidad de la aguas hacia el recipiente de aforo.

Para la práctica de este método se utiliza un recipiente de volumen conocido y un cronómetro o reloj provisto de segundero.

El método consiste en determinar el volumen de la fuente y el tiempo que demanda en obtener dicho volumen; en la práctica se deben efectuar varias lecturas, adoptándose finalmente la obtenida como promedio de las lecturas representativas.

Una vez obtenidas las condiciones ideales para el aforo, se procede a ubicar el recipiente de tal forma que reciba la totalidad de las aguas y hasta que se alcance el volumen predeterminado (V), y simultáneamente se debe tomar el tiempo que demande dicha operación (t), obteniéndose el caudal por medio de la siguiente expresión:

$$Q = V / T \quad Q: \text{caudal, m}^3/\text{s}, \quad V: \text{volumen, m}^3, \quad t: \text{tiempo, seg.}$$

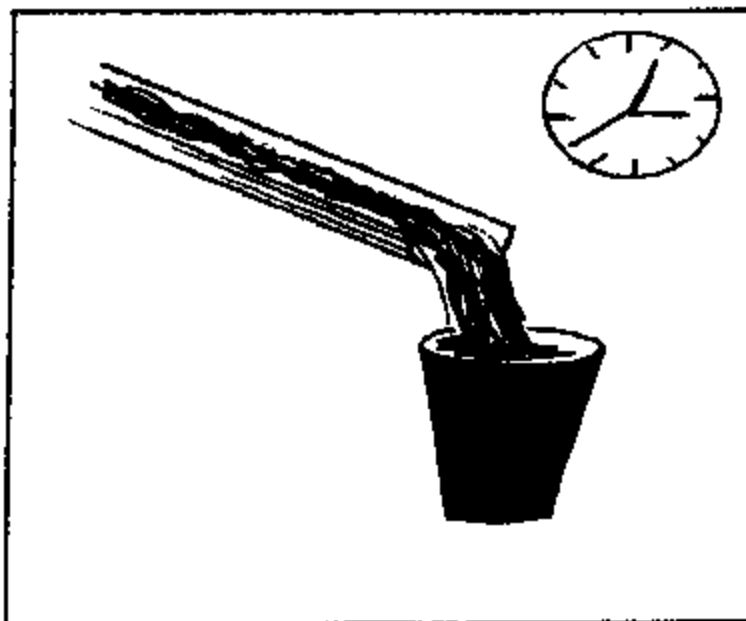


FIGURA 11. Aforo Volumétrico en corrientes pequeñas

◆ Aforo Gravimétrico

Se sigue un procedimiento similar al anterior, pesando el volumen de agua colectado en el intervalo de tiempo cronometrado (t); el peso (w) del agua se transforma a volumen, dividiéndolo entre el peso específico (γ) del fluido a la temperatura de prueba; no olvidar que el recipiente vacío debe ser previamente pesado.

Q : Caudal m^3/s

w_1 : Peso del agua más el recipiente [Kg]

w_2 : Peso del recipiente [Kg]

γ : Peso específico del fluido a temperatura de prueba [Kg/m^3]

t : Tiempo de llenado [seg]

$$Q = \frac{w_1 - w_2}{\gamma t}$$

◆ AFORO POR ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS

El caudal que pasa por las estructuras hidráulicas se obtienen por medio de ecuaciones obtenidas experimentalmente. Para establecer el tipo de estructura requerida es necesario analizar las condiciones de flujo y por lo general la altura de la lámina de agua y el ancho de la sección.

Entre las estructuras más comunes para la medición del flujo en corrientes superficiales encontramos:

Vertederos de pared delgada (Rectangular y Triangular), entre otros.

Canaleta Parshall

Orificio

a) VERTEDERO RECTANGULAR

Corresponde a una estructura hidráulica, instalada en forma normal al flujo de las aguas, en donde por su parte superior, pasa el caudal de la fuente a medir (la forma de la parte superior le da su correspondiente nombre: rectangular, triangular, etc.) (Ver Figura 12)

El caudal es función de la altura (H) que alcanza el nivel de las aguas, medido aguas arriba de la estructura, con relación a la cresta del mismo.

La longitud (L) del vertedero corresponde a la dimensión de dicha estructura, por la cual pasa el caudal a medir.

Estos vertederos pueden ser de dos clases: sin contracciones laterales cuando la longitud de la cresta coincide con el ancho de la sección y con contracciones laterales esto significa reducir la longitud de la lámina vertiente (Ver Figura 11), para lo cual se tienen las siguientes ecuaciones:

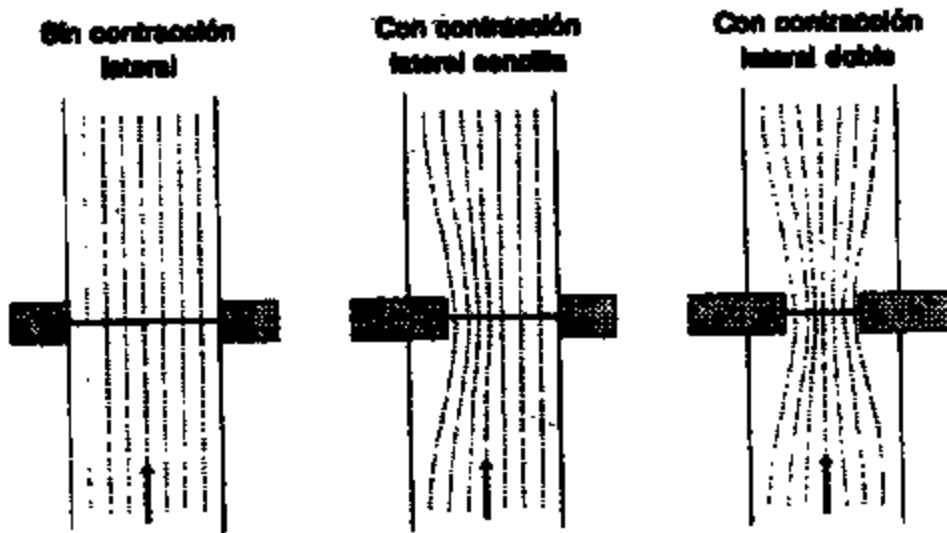


Figura N° 12 Contracción lateral en vertederos
Fuente: Acueducto y Diseño. Hernán Corcho.

Vertedero Rectangular sin contracciones laterales

$$Q = \frac{2}{3} (2g)^{1/2} \mu L H^{3/2}$$

donde:

$Q =$ Caudal (m^3/s)

$L =$ Longitud de la cresta del Vertedero (m)

$H =$ Carga sobre la cresta del vertedero (m)

$\mu =$ Coeficiente de descarga

Para éste sin contracciones laterales $\mu = 0,598$

Por lo tanto la ecuación se reduce a: $Q = 1,83 L H^{3/2}$

Vertedero rectangular con contracciones laterales.

El efecto es la reducción de la longitud de la lámina vertiente, para lo cual se debe tener en cuenta la longitud corregida L' en la ecuación anterior

donde: $L' = L - 0.1 n H$

siendo, n : número de contracciones laterales

H = Carga sobre la cresta del vertedero (m)

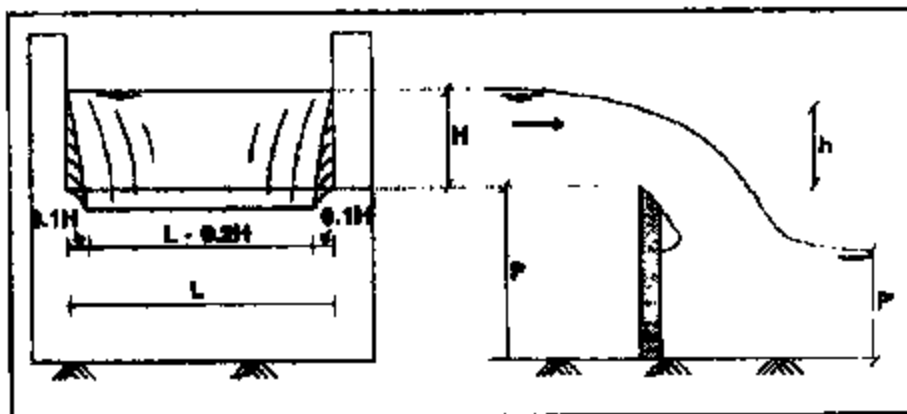
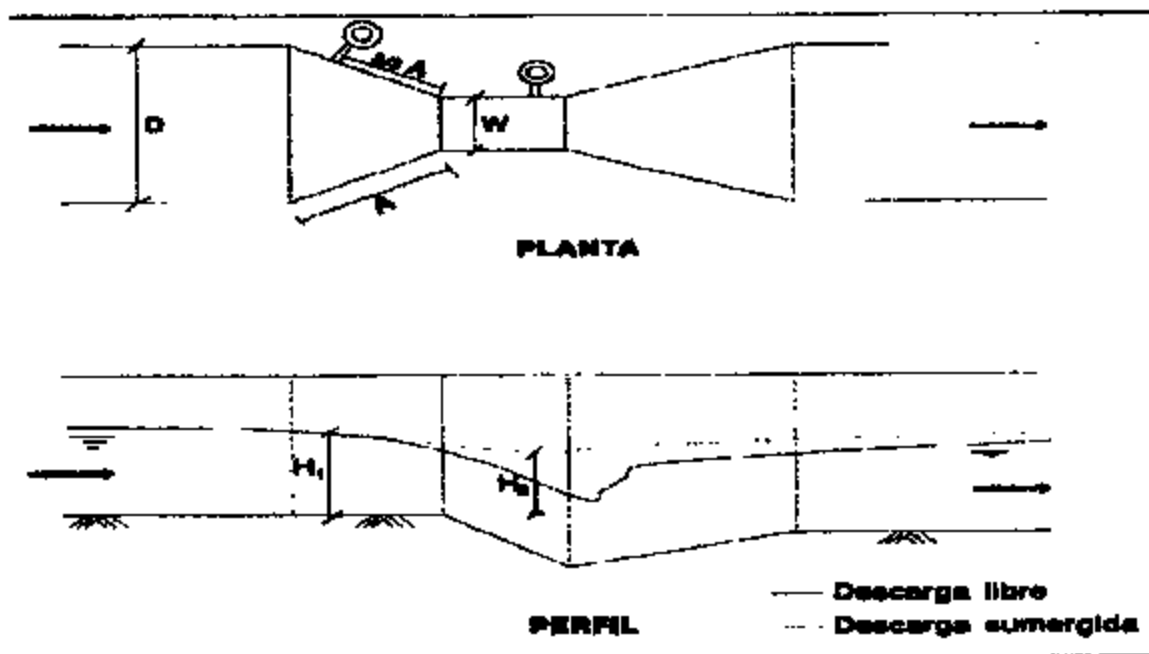


Figura N° 13 Vertedero Rectangular con contracción

Fuente: Acueducto y Diseño. Hernán Corcho.

b) CANALETA PARSHALL

La medición de flujo a través de esta estructura nos permite obtener con mayor precisión el caudal, que el obtenido a través del método del vertedero debido a que no es posible la acumulación de sedimentos en ningún punto de la canaleta que altere las mediciones, siendo ideal para corrientes con alto contenido de sedimentos. Es utilizado para la medición del caudal en el tratamiento de aguas (plantas de tratamiento de aguas residuales y plantas de agua potable).



Medidor Parshall en descarga libre y sumergida. Planta y corte

FIGURA 14. Medidor Parshall

Fuente: Acueducto y Diseño. Hernán Corcho.

Esta estructura puede trabajar bajo dos condiciones: A flujo libre y sumergida.

En la primera se presenta la profundidad crítica en la sección contraída (garganta) y un resalto hidráulico en la salida; bajo condiciones de flujo sumergido el resalto se ahoga; estas condiciones se manejan de acuerdo a las canaletas Parshall utilizadas las cuales tienen dimensiones estandarizadas, por lo cual los caudales se obtienen con ecuaciones previamente calibradas y comprobadas.

La medición del caudal en una canaleta con descarga a flujo libre se determina por la altura que el agua alcanza, en una mira ubicada como se indica en la figura N° 14.

El caudal se obtiene por medio de la expresión:

$$Q = K H^n$$

donde:

K, n : Son valores estándar experimentales que dependen del tamaño de la canaleta. (Ver Cuadro 2)

H : Nivel leído en la mira cuando el agua alcanza determinada altura en la misma.

CUADRO 2. Coeficientes para el calculo del caudal con el medidor Parshall.

W	N	K
3"	1.547	0,176
1"	1.522	0,690
4"	1.578	2,935
8"	1.606	6.101

Fuente: Acueducto y Diseño. Hernán Corcho.

5.2.2. MÉTODOS INDIRECTOS

♦ ÁREA VELOCIDAD

Este método proporciona una medición aproximada de la velocidad superficial de flujo y se utilizan cuando no se requiere gran exactitud.

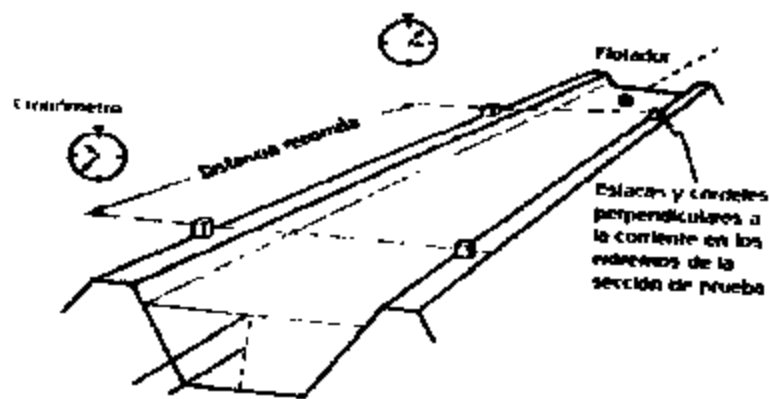


FIGURA 15. Método de Flotador

Se debe seleccionar un tramo del cauce que sea aproximadamente homogéneo en una longitud corta (3-10m).

Es necesario establecer el área transversal (A) que ocupa el agua mediante la utilización de un flexómetro.

Se registra el tiempo t , que tarda un pequeño flotador en recorrer la distancia conocida, marcada previamente sobre un tramo recto y uniforme. La velocidad

superficial (V_s) se obtiene dividiendo la distancia recorrida sobre el tiempo que tarda el flotador en recorrerla. Para obtener la velocidad media V_{media} de la fuente se debe multiplicar la velocidad superficial (V_s) por un factor comprendido entre 0.6 y 0.9 rango que depende de las características y condiciones que involucran las pérdidas por rozamiento y fricción, así como las características del cauce tales como la pendiente y vegetación entre otros.

El caudal obedece a la siguiente fórmula:

$$Q = A * V_{media}$$

donde :

Q : Caudal m^3/s
 A : Area transversal m^2
 V_m : Velocidad Media m/s

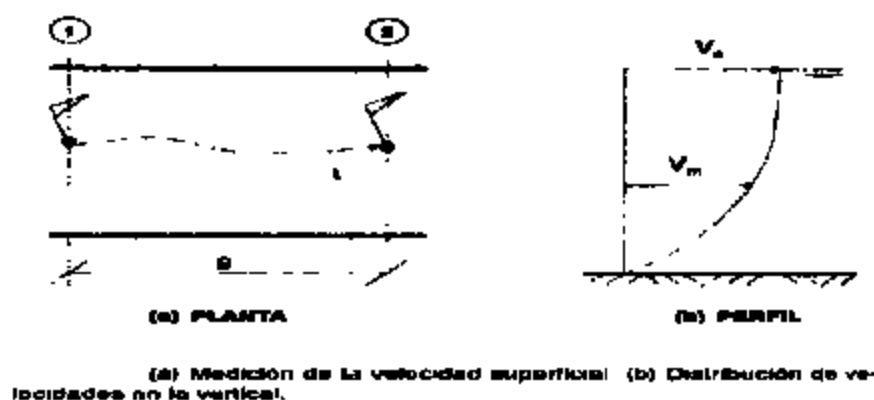


FIGURA 16. Detalle de la Medición de la Velocidad Superficial - Método de Flotador

Ejemplo:

Se tienen dos secciones transversales en un río, separadas 10 m, el tiempo transcurrido por el flotador entre la sección uno y la dos es de 10 seg. El área transversal típica (h * ancho) de 4,90 m² . Determinar el caudal total aforado por el método Area-Velocidad.

El procedimiento para medir el caudal es el siguiente:

1) Por medio de la siguiente ecuación se obtiene la Velocidad Superficial

$$V_s = L / t$$

donde: $V_s =$ Velocidad Superficial [m/seg]

$L =$ Longitud [m]

$t =$ Tiempo [seg]

$$V_s = 10 \text{ m} / 10 \text{ seg} = 1 \text{ m/seg}$$

2) Calculamos la Velocidad media estimándose que aproximadamente el 80% de la velocidad superficial, corresponde a la velocidad media (V_{media}).

$$V_m = C * V_s$$

$C =$ Factor = 0.80

$V_m =$ Velocidad media [m/seg]

$V_s =$ Velocidad Superficial [m/seg]

$$V_m = 0.80 * 1 \text{ m} / \text{seg} = 0.80 \text{ m} / \text{seg}$$

3) Conocida la sección hidráulica del canal, se calcula el caudal total

$$Q = A * V_m$$

A = (h) altura * ancho del cauce [m²]

V_m = Velocidad media [m/seg]

Q = Caudal [m³/seg]

$$Q = 4,90 \text{ m}^2 * 0.80 \text{ m / seg} = 3,92 \text{ m}^3 / \text{seg}$$

Utilizando el factor de conversión 1 m³ = 1000 litros, el caudal total aforado por el método Area- Velocidad es de: 3.920 L /seg.

◆ Molinete Hidrométrico

El Molinete es un equipo hidromecánico que permite medir la velocidad del agua a diferentes profundidades, el está constituido por una rueda con aspas que al ser sumergido en una corriente, gira proporcionalmente a la velocidad del agua.

Existen dos tipos de molinetes, el de cazoletas o copas y el de hélice, los cuales se montan sobre una varilla para la medición de la velocidad en las corrientes superficiales o se suspenden desde un cable durante el aforo (ver figura 17)

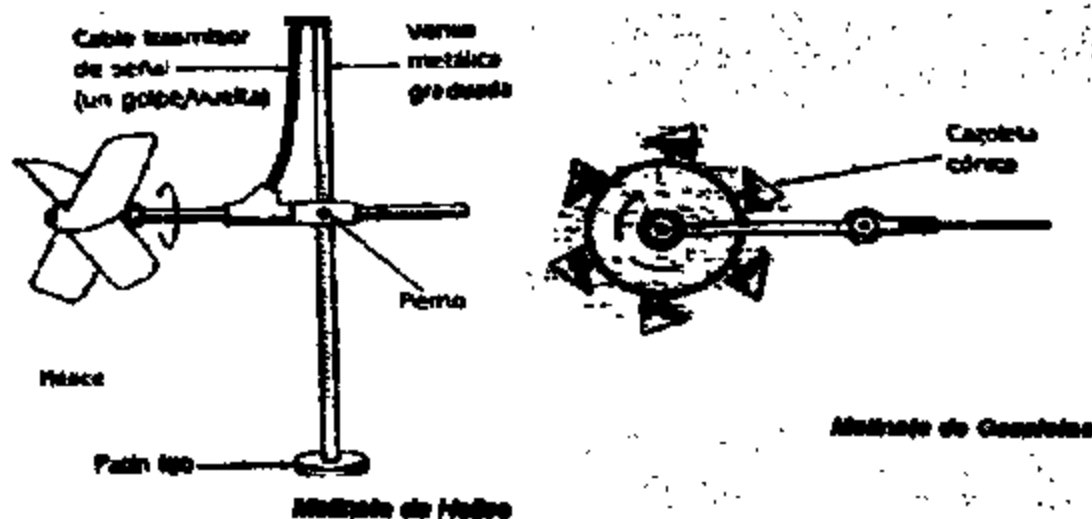


FIGURA 17. Molinete de Hélice - Molinete de Copas

Cada molinete viene calibrado de fábrica y acompañado por una tabla o ecuación, donde se relaciona la velocidad angular de la rueda giratoria con la velocidad de la corriente.

Dentro del proceso de aforo, se ubica el molinete a diferentes profundidades a partir del nivel superficial por debajo de la superficie de agua, y se cuentan las revoluciones de la rueda en un intervalo de tiempo previamente establecido (usualmente un minuto).

En ríos donde el ancho de la superficie de agua sea menor de 3 m, la sección puede dividirse en tres o cuatro segmentos de igual longitud, pero en corrientes de gran anchura se acostumbra hacer las mediciones cada 3 metros en sentido transversal, operando desde un puente, andamio o tarabita.

PROCEDIMIENTO:

1) Se miden diferentes velocidades a diversas profundidades en la vertical para obtener una velocidad media. Se pueden tomar velocidades a 0.2H y 0.8H donde H es la profundidad total de la vertical.

$$V_m = \frac{V_{0.2} + V_{0.8}}{2}$$

2) Se calcula la velocidad media en la sección A_i como se indica en la figura N° 18 siendo esta el espaciamiento constante entre cada vertical de medición.

$$V_s = \frac{V_i + V_{i+1}}{2}$$

donde: V_s : Velocidad media en la sección A_i

V_i : Velocidad media de la vertical calculada con la ecuación del paso # 1

V_{i+1} : Velocidad media de la siguiente vertical calculada con la ecuación del paso 1.

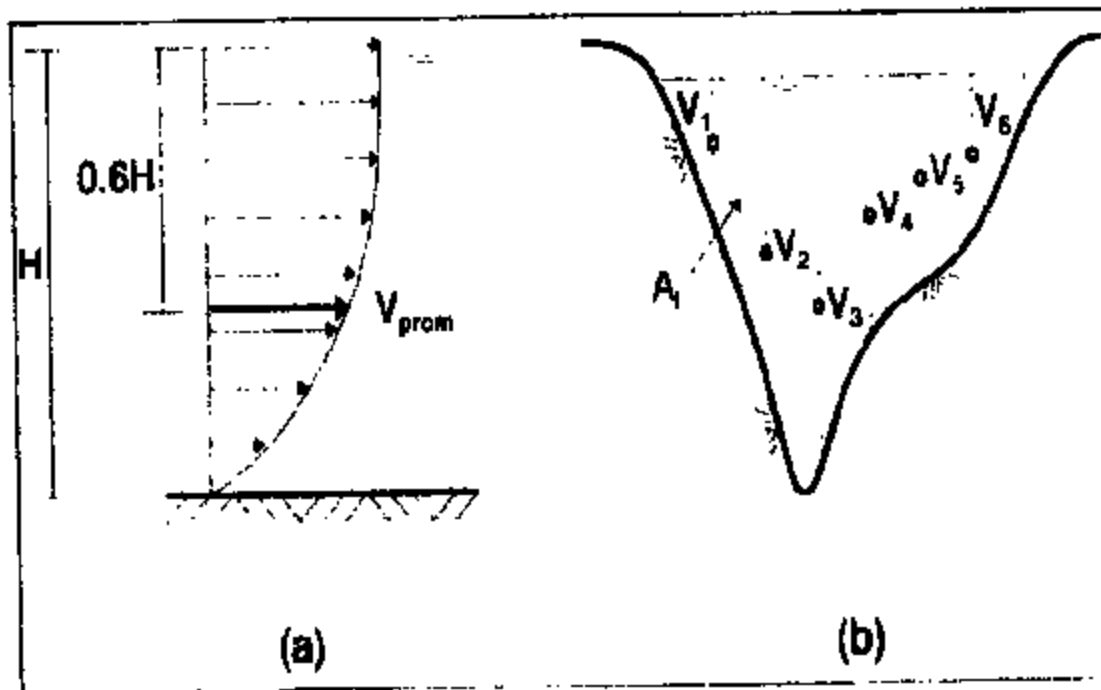
CUADRO 3. Relación entre el ancho del cauce y las verticales para medición

Ancho del Cauce (m)	Espaciamiento (m)
<2	0,2
2-3	0,3
3-4	0,4
4-8	0,5
8-15	1,00
15-25	2,00
25-35	3,00
35-45	4,00
45-80	5,00
80-160	10,00
160-350	20,00
>350	Cada 10% aproximando al múltiplo de 10

3) Se calcula el caudal entre las dos secciones verticales como el producto de la velocidad media V_{pl} (en la sección A_1) y el área medida entre dicha sección.

4) Finalmente se calcula el caudal total de la sección mediante la suma de los caudales promedios individuales en cada una de las diferentes secciones.

$$Q_{\text{sección}} = \sum V_{\text{pl}} \cdot A_1$$



(a) Perfil de velocidades en la vertical (b) Distribución de puntos de medición en una sección

FIGURA 18. Velocidades medias y su distribución.

6. MÓDULOS DE CONSUMO

El módulo de consumo indica la cantidad de agua necesaria para satisfacer una demanda, permitiendo calcular el consumo total requerido en esa actividad.

En el caso de necesidades humanas o domésticas se han involucrado factores conexos a la vida cotidiana como aseo personal, alimentación, servicios sanitarios, lavado de ropa, entre otros. Dicho consumo va relacionado con el nivel de vida, costumbres y básicamente con el clima, obteniendo consumos variables de acuerdo con los factores antes mencionados.

6.1 PARÁMETROS PARA LA DETERMINACIÓN DE MÓDULOS

Los módulos de consumo se obtienen a partir de la investigación mediante la determinación de las condiciones medias y características naturales y climáticas de la zona donde se encuentren ubicadas las demandas.

Se tiene en cuenta que en clima cálido la demanda de agua para consumo doméstico es mayor en relación con el consumo requerido en clima frío.

- Módulos para uso doméstico; se han obtenido mediante evaluaciones y mediciones estadísticas de sistemas de acueductos actuales teniendo en cuenta que existen medidas en los usos de algunos aparatos sanitarios tales como lavamanos y orinales entre otros.

- Módulos de consumo para uso industrial; tienen estrecha relación con el proceso, actividad y tecnología que se lleva a cabo en el tipo de industria.

- Módulos de consumo para uso comercial; dependen del horario y establecimiento ya sea centro comercial o centro de recreación.

- Módulos pecuarios; se obtienen mediante seguimiento y control en la práctica pecuaria, teniendo en cuenta las especies, razas, edad, peso, clima y el uso para el que se proveen, como es la producción de leche, carne, pollo, entre otros.

- Módulos de consumo agrícola, la demanda de agua en el sector agrícola depende de múltiples factores como son: la calidad y capacidad del suelo, ciclo vegetativo, características climáticas, precipitación, humedad relativa, radiación solar, evaporación y humedad atmosférica.

Ejemplo 1:

Se ha proyectado la construcción de un sistema de abastecimiento para 15 familias con un promedio de 6 hab / familia en clima cálido.

El Módulo de consumo de acuerdo con estudios realizados por la CAR para un clima cálido, es de 140 L /hb/d (ver anexo A) y la población a atender es de:

$$15 \text{ Familias} * 6 \text{ hab / familia} = 90 \text{ Habitantes}$$

Las necesidades o Caudal (Q) necesario es de:

$$Q = 90 \text{ Hab} * 140 \text{ L / hab / d} = 12600 \text{ L / d}$$

La unidad L / d se expresa finalmente en L /s , por lo que dividimos entre 86400 (número de segundos que tiene un día).

$$Q = \frac{12600 \text{ L / día}}{86400 \text{ s}} = 0.146 \text{ L /s}$$

Ejemplo 2:

Se desea abastecer un plantel avícola de 68.000 aves ubicado en la Mesa Cundinamarca. El módulo de consumo de acuerdo con estudios realizados por la CAR para clima medio del plantel avícola es de 20 Lt / día / cada 100 aves (ver anexo B).

$$\frac{68.000}{100} = 680 \text{ aves}$$

Las necesidades o Caudal (Q) necesario es de:

$$Q = 680 \text{ aves} * 20 \text{ Lt / día / cada } 100 \text{ aves} = 136 \text{ Lt / día}$$

La unidad L / d se expresa finalmente en L / s , por lo que dividimos entre 86400 (número de segundos que tiene un día).

$$Q = \frac{13600 \text{ Lt / seg}}{86400 \text{ s}} = 0.158 \text{ L / s}$$

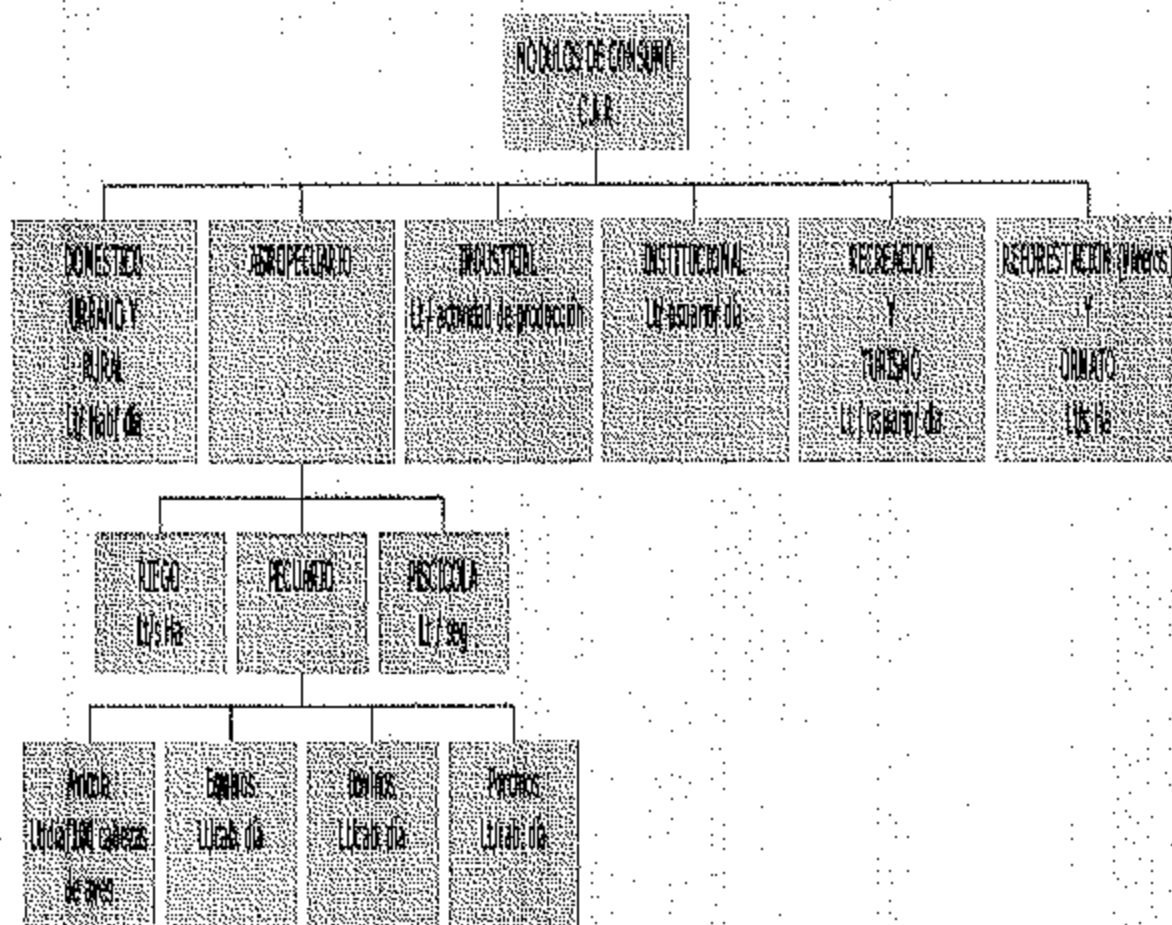
Es necesario tener en cuenta, que el caudal antes calculado corresponde al volumen neto, por lo tanto se deben establecer los factores que podrían afectar dicho suministro teniendo en cuenta las pérdidas hidráulicas, sistema de suministro, desperdicio por fugas de agua etc.

En el anexo A se encuentran los Módulos de Consumo para Uso Doméstico, en la zona urbana teniendo en cuenta los parámetros de temperatura y tamaño de la población, así como el Módulo Doméstico en la zona Rural.

El anexo B contiene el módulo de consumo para consumo pecuario para cada tipo de especie y piso térmico .

Igualmente se presenta en el anexo D un modelo de los datos obtenidos para el Módulo de Riego en una de las cuencas del Río Apulo.

6.2 MODULOS DE CONSUMO C.A.R



Esquema 2. MODULOS DE CONSUMO

7. OBRAS DE CAPTACION

7.1 REQUISITOS

El diseño técnico de obras de captación debe reunir los siguientes requisitos:

- 1) Económica
- 2) Sencilla
- 3) De bajo peso
- 4) De fácil construcción
- 5) Que en lo posible no afecte las condiciones hídricas de la fuente
- 6) Diseñada con criterio técnico.

No obstante lo anterior, la complejidad de la obra será consecuencia de las características tanto de ella como de los factores técnicos relacionados con su diseño.

La selección de un sistema de captación depende de las características de la fuente de la que se derivará el volumen requerido para lo cual se debe tener en cuenta la variación del caudal en las épocas interestacionales e interanuales, pendiente, características del terreno a nivel superficial, profundidad del sitio seleccionado para su ubicación y análisis de riesgo entre otros que, permitan establecer el tipo de obra de captación.

Concordante con lo anterior, es necesario que para el diseño de la obra de captación se cuente con el apoyo de personal idóneo en la materia; por ejemplo, para derivar un caudal considerable es necesario la construcción de una presa, para lo cual es importante la intervención de un hidrólogo que estipule los caudales promedios (máximos y mínimos) de la fuente; teniendo en cuenta este parámetro y con base en la topografía el ingeniero realizará un diseño que permita el tránsito de la corriente sin desbordarse.

El Ingeniero de suelos establecerá las condiciones de fundación para el buen comportamiento de la obra de captación y el ingeniero estructural debe proporcionar un diseño adecuado ante los factores hidráulicos, sísmicos y de calidad del suelo para su buen funcionamiento, entre otros.

7.2 TIPOS DE BOCATOMA SENCILLAS MÁS COMUNES

Entre los diferentes tipos de obras de captación, se muestran a continuación algunos de los comúnmente utilizados que obedecen a criterios y factores técnicos citados en el numeral 7.1

◆ BOCATOMA LATERAL

El agua pasa perpendicular a través de una rejilla, instalada en una de las márgenes de la obra hacia una cámara de la cual se conduce el líquido por tubería para abastecimiento.

A la entrada a la cámara se acostumbra utilizar una compuerta cuya operación manual permite o impide el paso del agua.

El caudal derivado es variable dependiendo de la altura de la lámina de agua y la separación y forma de los barrotes.

✓ Utilizada en ríos relativamente pequeños con caudales < 5 L/s quebradas, en donde la profundidad del cauce no es muy grande.

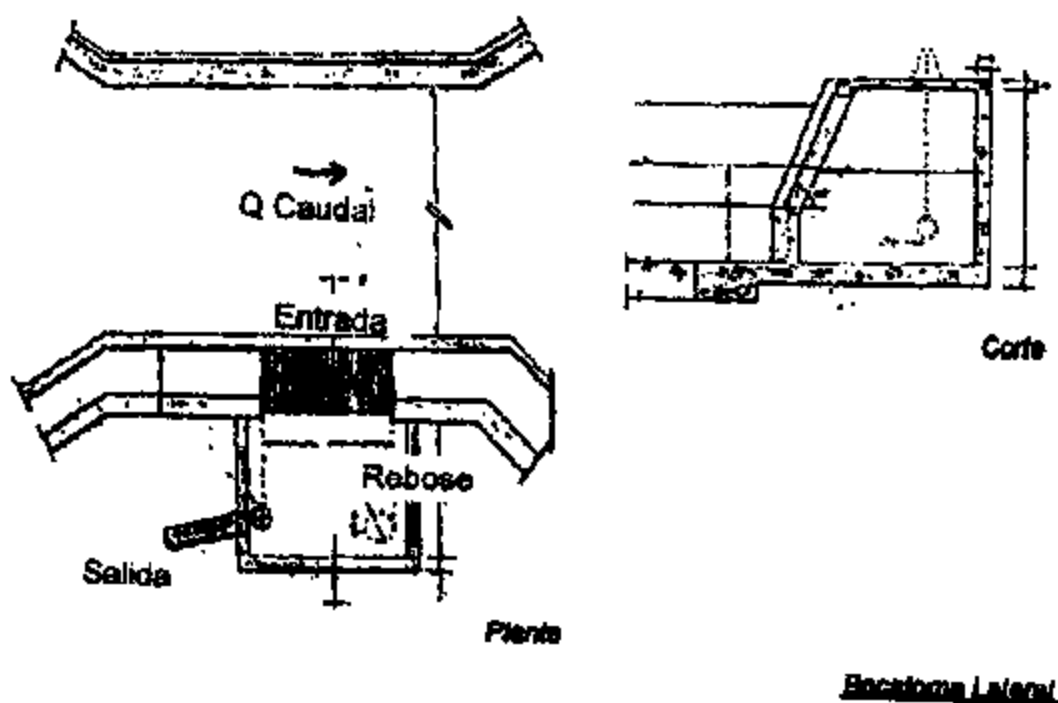


Figura 19. Bocatoma Lateral

◆ Bocatoma de Fondo

Sin cambiar la dirección de la corriente, el agua pasa a través de una rejilla localizada en la parte superior de la presa y entra a una canaleta con pendiente baja (el excedente continua por el río) que conduce el agua hacia uno de los costados de la estructura, continua por tubería y entra a una caja lateral de la cual se conduce el agua a su destino (Ver Figura 20).

✓ Utilizada para la captación de caudales medios entre un rango de 5 L/s - 8 L/s, en quebradas en las cuales la lámina de agua en épocas de verano se reduce considerablemente.

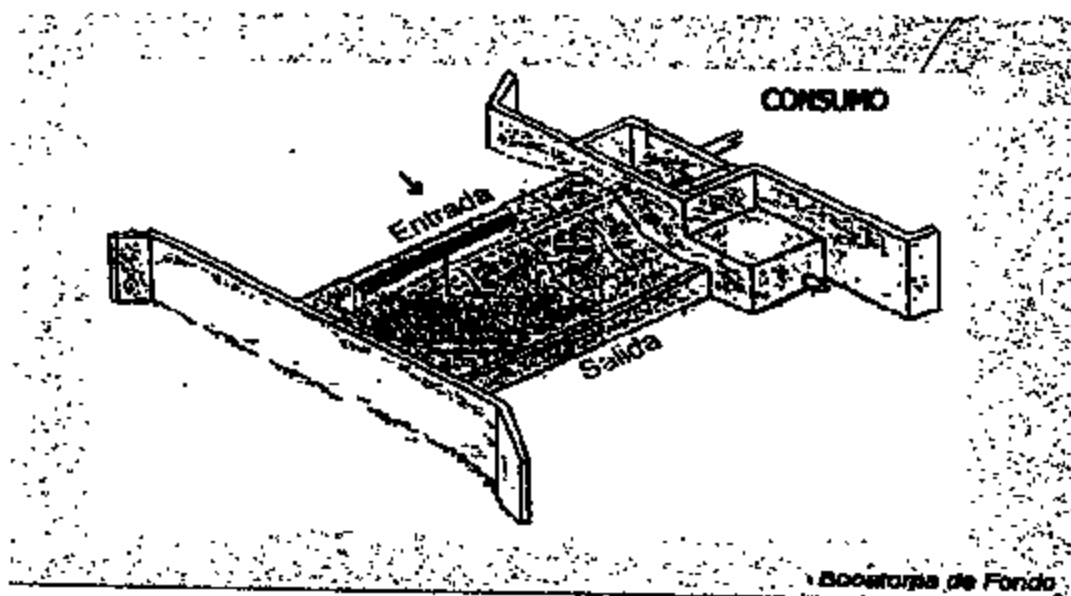


Figura 20. Bocatoma de Fondo

◆ Bocatoma de Tubo Corto

✓ Son empleadas para una gran variedad de fuentes hídricas, involucrando aquellas de grandes volúmenes y sección ancha.

Consiste en un tanque de doble compartimento el cual mediante la alimentación y salida continua de flujo en uno de los compartimentos, permite que se cree en forma artificial una cabeza hidráulica constante.

Los 2 compartimentos se encuentran conectados mediante un tubo corto (Ver Figura N° 21) que permite el paso del caudal requerido hacia el otro de forma tal que de allí se conduzca por tubería hacia donde se va a utilizar.

Para su operación se requiere, que la fuente de la cual se abastece dicho tanque disponga de una caída o pendiente suficiente que permita la llegada y salida del agua del sistema.

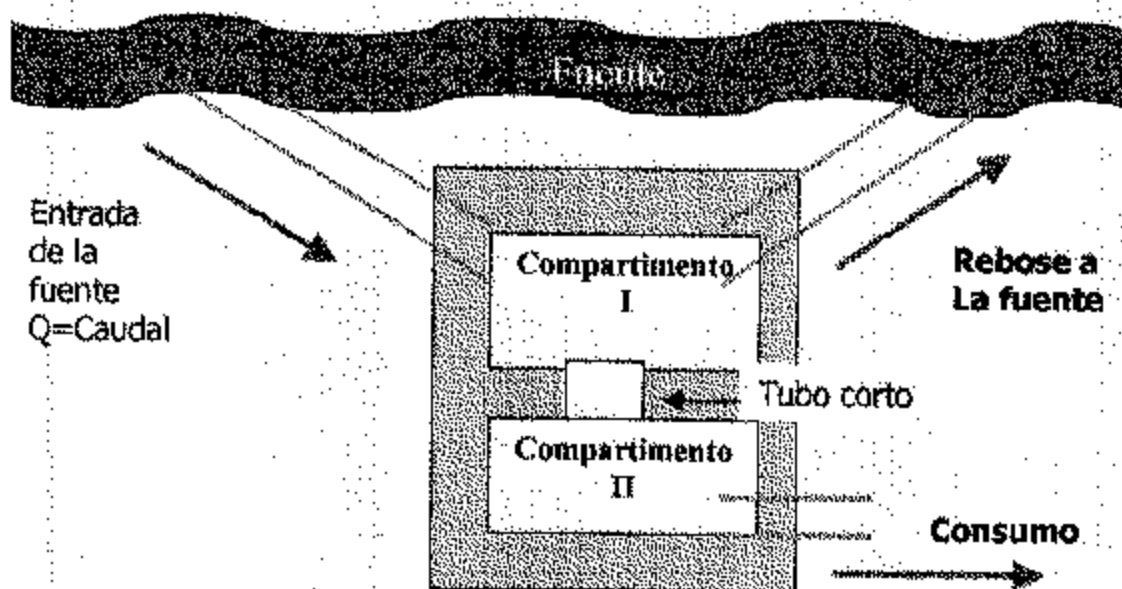


Figura N° 21. Planta Bocatoma Tubo Corto

8. CONSIDERACIONES DEL TRAMITE DE CONCESIÓN

Las aguas se dividen en aguas de uso público y privado dependiendo de la forma como se deriven se requiere o no de concesión de aguas, como se describe a continuación (según Acuerdo 10 C.A.R. Capítulo III - IV / 1989).

El trámite para la obtención de una concesión se encuentra establecido en el decreto 2811 de 1974 (Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y de protección del medio ambiente), los decretos reglamentarios 1541 de 1978 y 1594 de 1984, involucrados en el Acuerdo 10 de 1989 de la CAR.

No obstante lo anterior se relacionan a continuación algunas de las normas importantes:

● **Uso por Ministerio de la ley:**

- Las Aguas de uso público pueden ser utilizadas para cualquier actividad que implique el aseo personal, alimentación o actividades de trabajo siempre y cuando discurren por cauces naturales.
- El aprovechamiento de estas no implica derivaciones o desvíos de su curso normal y mucho menos la contaminación de las mismas.

● Concesiones:

- Cualquier persona natural o jurídica para derivar y hacer uso de las aguas de cualquier fuente pública debe solicitar su respectiva concesión de aguas.
- El suministro de aguas por concesión esta sujeto a la disponibilidad del recurso.
- Se debe establecer el tiempo de la concesión.
- El uso doméstico tendrá siempre prioridad sobre los demás, los usos colectivos sobre los individuales y los de los habitantes de una región sobre los de fuera de ella.

La mayor parte de problemas con relación a concesiones, se han iniciado en razón a que un potencial concesionario de un municipio solicita concesión de una fuente ubicada en territorio diferente, ocasionando conflicto entre las comunidades. Para ello es necesaria la publicación del Auto correspondiente donde se fija el día de la visita, en alcaldías de los dos municipios.

Dentro de la visita técnica Inicial, no se realiza la observación y obtención de datos relacionados con el trámite, en forma profunda. Para ello es necesario establecer técnicamente las siguientes condiciones:

- Verificar el estado de la fuente.
- Determinar si la fuente de la que se pretende beneficiarse pertenece a una cuenca o municipio diferente a la del predio a beneficiar.

- Llevar a cabo una determinación de usuarios y/o concesionarios ubicados aguas arriba y aguas abajo del sitio propuesto de captación y verificar si disponen de la autorización respectiva así como del caudal derivado y su adecuado uso.
- Establecer preferiblemente mediante un BALANCE HÍDRICO, la potencialidad de otorgar la concesión solicitada.
- Estimar las necesidades reales del usuario.
- Realizar el respectivo aforo de la fuente, (caudal y en que periodos se mide).
- Evaluar el estado de conservación de las márgenes de la fuente y época en la que se hizo la visita.
- Características técnicas (topografía de suelos y nivel de precipitación entre otros) del sitio en el cual se pretende ubicar la obra de captación.
- Tener en cuenta el sitio propuesto de derivación con relación a sistemas frágiles, otras obras de captación, acueductos municipales o veredales nacimientos, entre otras.
- Oposiciones (dar trámite a la oposición determinando de manera veraz la información y las razones que aduce para su oposición).
- Tener en cuenta los posibles conflictos que puedan generar la concesión (servidumbres, utilización de obras de captación ya construídas).
- Inspeccionar afectaciones de la fuente por aguas servidas.

- Establecer el sistema de tratamiento de los caudales residuales y su potencial afectación del cuerpo receptor.
- Debita ilustración al solicitante sobre el trámite de concesión y sus obligaciones.
- Estudiar la posibilidad de reuso y/o aprovechamiento del agua.
- Verificar un buen uso del recurso hídrico con base en el estado de los sistemas de aprovisionamiento y control.

9. RECOMENDACIONES

☛ PARA FUNCIONARIOS DE LA C.A.R.

- Fomentar e Incentivar a los habitantes aledaños a los páramos para que lleven a cabo programas de revegetalización, con el fin de preservar y a la vez garantizar el aporte de agua a las diferentes cuencas hidrográficas.
- Establecer programas de educación ambiental encaminados a orientar a la comunidad, en el manejo, uso y aprovechamiento del recurso agua, con el fin de proteger los diferentes sistemas naturales aportadores del recurso hídrico.
- Seleccionar en el área de su jurisdicción una microcuenca con problemas como proyecto piloto y efectuar la reglamentación de la misma teniendo en cuenta la demanda vs oferta con el fin de optimizar la distribución de caudales.
- Llevar registro sistematizado que permita determinar en cualquier momento las concesiones otorgadas de cualquier fuente hídrica.

- Elaborar diseños típicos de sistemas de captación para derivar caudales, con destino al uso doméstico los que se entregarán al usuario, como agente social de la corporación.

- Mantener actualizados los Módulos de Consumo Incorporando la nueva jurisdicción.

➤ TÉCNICAS

- Dentro de los programas de conservación de la Fauna Silvestre y Ecosistemas Frágiles en peligro de extinción, se debe tener en cuenta la relación trófica (cadena alimenticia) y la dispersión de semillas como elemento fundamental en la protección de zonas de recarga hídrica.

- Con el fin de garantizar el uso sostenible del recurso hídrico de fuentes superficiales, es necesario el diseño y construcción de estructuras civiles que permitan derivar el caudal concedido en cualquier época del año "tal y como se observa en la cartilla"

- Al utilizar método de aforo Area-Velocidad es importante tener en cuenta que se debe realizar en cauces tranquilos, de baja velocidad, en un tramo recto de área uniforme, para su aplicación.

BIBLIOGRAFÍA

- **ALVAREZ YGUARÁN Francisco.** Vocabulario de Ecología. Ediciones Editorial Mejoras. Barranquilla, Colombia. 1985,157 Págs. Trabajo de grado (Ingeniero Forestal). Fundación Universitaria de García Rovira Norte y Gutierrez. Facultad de Ingeniería Forestal.

- **CASALLAS Hector.** Control y Regulación de Ríos. Bogotá, 347 p. Trabajo de grado (Ingeniero Civil). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería Civil.

- **CORCHO HERNÁN.** Acueducto teoría y diseño. Santafé de Bogotá D.C, 1993, 543 p. Trabajo de grado (Ingeniero Civil). Universidad de Medellín.

- **CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA C.A..R,** Acuerdo N°10 de 1989.

- **ESPINAL Luis Sigifredo e MARQUÉZ, Teodoro dos.** Apuntes Ecológicos: Ecosistemas Estratégicos. Andina. 6ed. Santafé de Bogotá D.C,Colombia.1996.

- FUNDACIÓN ECOSISTEMAS ANDINOS. el páramo ecosistema a proteger. Santafé de Bogotá.1996.
- HIDROPLAN LTDA Consultoría e Interventoría. CONTRATO C.A.R. 467-93
INFORME FINAL Volumen I-II.
- HOLZBOCK G Werner, INSTRUMENTOS PARA MEDICIÓN Y CONTROL.
México: Editorial Limusa, 1982, 752 p.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE AGRICULTURA. Manejo Integrado de los Recursos Naturales en Ecosistemas. Santafé de Bogotá D.C, 1993.
- LOPEZ CUALLA, Ricardo Alfredo. Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillados. Santafé de Bogotá D.C, 1999,388 p. Trabajo de grado (Ingeniero Civil). Escuela Colombiana de Ingeniería. Facultad de Ingeniería Civil.
- RIVERA JOSÉ A. Manual de técnicas de aforo. Santa fe de Bogotá D.C, 1990, 732 p.
- VEN T, Chow. Hidráulica de Canales Abiertos. Santafé de Bogotá D.C,1982, 633p.Trabajo de grado (Ingeniero Hidráulico). Universidad de Illinois.

ANEXOS

Anexo A. MODULO DE CONSUMO DOMESTICO*

PISO TERMICO	ZONA URBANA				ZONA RURAL	
	TAMAÑO DE POBLACION	CONSUMO			TOTAL SIN ABREVADERO	Lts/hab-día
		Habitantes	Mínimo	Medio		
FRIO	< - 5.000	130	150	180	125	
	5.001 - 10.000	160	165	185		
	10.001 - 20.000	170	180	190		
	> 20.001	185	195	205		
TEMPLADO	< - 5.000	150	165	180	135	
	5.001 - 10.000	160	180	200		
	10.001 - 20.000	170	190	210		
	> 20.001	180	200	220		
CALIDO	< - 5.000	170	190	200	140	
	5.001 - 10.000	180	200	220		
	10.001 - 20.000	190	210	230		
	> 20.001	200	220	240		

*Fuente: Subdirección Control Calidad Ambiental.
División Calidad Ambiental - Grupo de Recursos Hídricos. C.A.R.

**Anexo B. Modulo de consumo pecuario
Bebederos o Abrevaderos.***

ESPECIES	PISO TERMICO		
	FRIO	MEDIO	CALIDO
Lt / cabeza.día			
Bovinos	25	30	35
Equinos	20	25	30
Ovinos	15	20	25
Porcinos	10	13	15
Avícola(100unidades)	15	20	25

* Fuente: Subdirección Calidad Ambiental.
División Calidad Ambiental – Grupo de Recursos Hídricos.

Anexo C. Módulo de riego*

SUBDIRECCION CONTROL CALIDAD AMBIENTAL
DIVISION CALIDAD AMBIENTAL - GRUPO RECURSOS HIDRICOS

	ENERO	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	TOTAL
CULTIVO	PRECIPITACION	77	100	136	184	98	80	80	112	228	208	108	1898
	Ev. T ^o	123	106	118	110	106	107	112	113	117	110	117	1300
PASTOS	PRECIPITACION EFECTIVA	61	80	112	110	106	78	53	81	117	110	87	1088
	U.C. (mm)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Consumo U.C. (U.C.K)	123	106	118	110	106	107	114	118	117	110	117	1300
	U.C. Disponible U.C. (mm)	82	30	4	0	0	29	81	97	28	0	0	300
	U.C. - P.E. (mm)	250	250	40	0	0	280	810	870	280	0	0	2870
	REQUERIMIENTO NETA DE RIEGO EN (mm)	0.24	0.10	0.02	0	0	0.11	0.24	0.22	0.11	0	0	0.12
	MODULO DE RIEGO ILUSTRADO	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
	Consumo de U.C. (mm)	111	95	104	96	98	98	103	108	103	105	89	1088
	U.C. - P.E. (mm)	80	78	2	-11	-11	18	50	46	17	-12	-11	18
	REQUERIMIENTO NETA DE RIEGO EN (mm)	300	180	0	0	0	180	500	480	170	0	0	180
MAIZ (SECO)	MODULO DE RIEGO ILUSTRADO	0.18	0.08	0.00	0.00	0.07	0.19	0.17	0.07	0.00	0.00	0.07	2130
	Consumo de U.C. (mm)	0	0	0	0	0	1	0.9	0.7	0	0	0	537
	U.C. Disponible U.C. (mm)	30	25	30	25	25	197	193	83	46	0	0	918
	U.C. - P.E. (mm)	13	13	-12	-44	-44	-14	18	10	-17	-44	-17	-347
	REQUERIMIENTO NETA DE RIEGO EN (mm)	280	280	0	0	0	280	800	230	0	0	0	1010
	MODULO DE RIEGO ILUSTRADO	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
	Consumo de U.C. (mm)	74	84	70	88	84	84	71	88	78	88	70	818
	U.C. - P.E. (mm)	13	13	-12	-44	-44	-14	18	10	-17	-44	-17	-347
	REQUERIMIENTO NETA DE RIEGO EN (mm)	120	120	0	0	0	120	360	100	0	0	0	580
	MODULO DE RIEGO ILUSTRADO	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
CARA DE AZUCAR	Consumo de U.C. (mm)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	1087
	U.C. Disponible U.C. (mm)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	1087
	U.C. - P.E. (mm)	12	-10	-21	-22	-11	28	81	87	17	-23	-33	-17
	REQUERIMIENTO NETA DE RIEGO EN (mm)	120	120	0	0	0	120	360	100	0	0	0	580
	MODULO DE RIEGO ILUSTRADO	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
	Consumo de U.C. (mm)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	1087
	U.C. Disponible U.C. (mm)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	1087
	U.C. - P.E. (mm)	12	-10	-21	-22	-11	28	81	87	17	-23	-33	-17
	REQUERIMIENTO NETA DE RIEGO EN (mm)	120	120	0	0	0	120	360	100	0	0	0	580
	MODULO DE RIEGO ILUSTRADO	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
BANANO Y PLATANO	Consumo de U.C. (mm)	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	1770
	U.C. Disponible U.C. (mm)	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	1770
	U.C. - P.E. (mm)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	REQUERIMIENTO NETA DE RIEGO EN (mm)	120	120	0	0	0	120	360	100	0	0	0	580
	MODULO DE RIEGO ILUSTRADO	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
	Consumo de U.C. (mm)	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	1770
	U.C. Disponible U.C. (mm)	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	1770
	U.C. - P.E. (mm)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	REQUERIMIENTO NETA DE RIEGO EN (mm)	120	120	0	0	0	120	360	100	0	0	0	580
	MODULO DE RIEGO ILUSTRADO	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08

* Fuente: Subdirección Calidad Ambiental, División Calidad Ambiental – Grupo de Recursos Hídricos. C.A.R.

Anexo D. Formato para el cálculo de aforos*



CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUENCA-CAR
 Dirección de Planeamiento
 Hidrología
AFOROS DE CORRIENTES DE AGUA

No. _____

Rta. _____ Estado _____ Fecha _____

Lechita de Escala Inicial _____ Hacia _____

 Final _____ Tasa _____

Conectorial Tipo _____ No. _____ Ecuación V _____

Medida por CABLE PUNTE MADO BOTB

Suspensión VARILLA CABLE SITIO AFORO

Afecta M	Punto M	Punto M ₂	Prof. de la CBS	Revel. No	Tiempo seg	N P/Seg	Velocidad Média			Puntos Medio	Ancho M	Area M ²	Descarga por sección M ³ /seg
							En el Punto	Medida en Vertical	Medio de la sección				
TOTALES													

OBSERVADOR _____ CALIBRISTA _____

* Fuente: CAR. Laboratorio de aguas.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA CAR

**EL SUSCRITO SECRETARIO GENERAL DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA
REGIONAL DE CUNDINAMARCA CAR.,**

CERTIFICA

Que de acuerdo con la información suministrada por la Subdirección de Descentralización y Participación Ciudadana, la Señorita **SANDRA PATRICIA GALÁN FLOREZ**, identificada con cédula de ciudadanía No. 52.176.632 de Santa Fe de Bogotá, desarrolló dentro del programa "Cultura del Agua" el módulo correspondiente a aguas superficiales, bajo la dirección de la División Calidad Ambiental, el cual fue recibido a satisfacción y sustentado el día 19 de Diciembre de 1998.

ORDEN DE SERVICIO No. 690 DE 1998

Tiempo de ejecución: Segundo semestre de 1998.

Dirigido a la Universidad de la Salle, como requisito de trabajo de grado para obtener el título de Ingeniero Ambiental y Sanitario.

Dada en Santa Fe de Bogotá, D.C. a los **09 FEB 1999**


WILLIAM MORALES ROJAS
Secretario General