

Publicado en La Gaceta del 20 de mayo del 2004

MANUAL TÉCNICO

**CAPITULO 1.
DOTACIONES AGUA PARA CALCULAR LAS NECESIDADES DE LA
SOLICITUDES DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS**

**CAPITULO 2.
OBRAS CALIBRADORAS**

**CAPITULO 3.
AFOROS**

**CAPITULO 4.
GLORARIO TECNICO**

ELABORADO POR:

**Ing. Andrés Phillips Ureña.
Geol. Víctor Hugo Vargas López.
Ing. Nazareth Rojas Morales.
Tec. Douglas Alvarado Rojas.
Lic. Álvaro Porras. Vega.
Ing. José J Chacón. S. Coordinador.
Ing. José Miguel Zeledón Calderón. Revisor.**

Mayo 2003

I. Introducción

Este manual tiene como objetivo, contar con un criterio técnico para determinar cuales son las necesidades o requerimientos de agua, para las diferentes actividades que dependen de de este preciado liquido, y que requieren de una concesión de uso de la misma, la que es otorgada por el Departamento de Aguas del Ministerio del Ambiente y Energía (MINAE).

Para ello se realizó una reunión de trabajo, el día 22 de noviembre del 2002, en el Hotel Corobicí, con las instituciones gubernamentales que tienen relación directa con el uso del agua, tales como el SENARA, A y A, INCOPECA, MAG, y los técnicos del Departamento de Aguas.

En dicha reunión estuvieron presentes las siguientes personas:

Nombre	Institución	Teléfono	Correo Electrónico
Luis Diego Castillo	SENARA	257-9733	Lcastillo1@costarricense.cr
Alberto Quirós S.	Depto Aguas	281-2020	Aquiros2001@yahoo.com
José L Arguedas	A y A	222-8436	jarquedas@aya.go.cr
Álvaro Otárola	INCOPECA	220-3952	otaroran@racsa.co.cr
Diógenes Cubero	INTA-MAG	296-2586	dcubero@racsa.co.cr
Renato Jiménez	INTA-MAG	296-2586	renatojimenez@costarricense.cr
José F González	A y A	257-9222 Ext. 269	fgonzalez@aya.go.cr
Douglas Alvarado	Depto Aguas	281-2020	dalvarado@imn.ac.cr
Víctor H Vargas	Depto Aguas	281-2020	vhvargas@imn.ac.cr
Miguel Valverde	Depto Aguas	281-2020	
Álvaro Porras	Depto Aguas	281-2020	aporras@imn.ac.cr
Andrés Phillips	Depto Aguas	281-2020	aphillips@imn.ac.cr
Nazareth Rojas	Depto Aguas	2812020	nrojas@imn.ac.cr
José J Chacón	Depto Aguas	281-2020	jchacon@imn.ac.cr

Así mismo para la elaboración de dicho manual se realizaron una serie de consultas bibliográficas, las que se citan al final del documento.

1. Dotaciones para diferentes usos del agua

1.2 Dotaciones para Riego de cultivos

Uso de agua por los cultivos

El conocimiento del índice de consumo de agua por los cultivos y las características de retención del agua es fundamental para diseñar el sistema de suministro del agua y programar el proyecto riego. El patrón de uso del agua por los cultivos, dejando amplísimo margen para las precipitaciones y las pérdidas operacionales de los canales, las tuberías, el almacenamiento el sistema de bombeo. (Bruce Withers, Stanley Vipond, El Riego, 1986.)

La estimación del consumo de agua por las plantas se lleva a cabo, calculando la evaporación potencial y modificando su valor de acuerdo a la succión del la humedad del suelo, a la cobertura vegetal de las plantas en sus etapas de crecimiento y a los cambios fisiológicos de la misma, aunque en la mayoría de los casos se trabaja con valores medios. (Bruce Withers, Stanley Vipond, El Riego, 1986.)

A pesar de las investigaciones, cada vez mas numerosas, sobre las relaciones entre las plantas y el agua y las correlaciones entre el agua y el rendimiento de los cultivos, no se dispone todavía de una formula universal o conjunto de fórmulas que permitan calcular el consumo de agua de los cultivos. Con frecuencia, la práctica y la experimentación directa son los únicos métodos disponibles. (Bruce Withers, Stanley Vipond, El Riego, 1986.)

El cálculo de la dotación para riego se realiza mediante la combinación de la metodología de la evapotranspiración y el Uso Consuntivo, aplicando la formula de Blaney y Criddle, formulas que dependen de la temperatura media mensual de la zona (T), de la altura media de la zona (h) y del coeficiente normal estacional de uso de consumo de los cultivos bajo riego (K).

Evapotranspiración

$$Eto = (2120 - 0.294h) / 360 \quad (\text{mm}) \quad (1)$$

Donde;

Eto; Evapotranspiración
h; Altura (m)

Dotación:

Para el cálculo de la dotación en base al uso consuntivo, se utilizan las siguientes formulas:

$$Uc = K \times Eto \quad (2)$$

Donde;

- Uc; Uso consuntivo (mm)
 K; Coeficiente de consumo para los cultivos con riego.
 (Estacional) adimensional.
 Eto; Evaporación potencial de los cultivos

Coeficientes K para diferentes cultivos

Estos coeficientes (K), de uso de consumo para los cultivos bajo riego, son el promedio de los que se encuentran en las diferentes literaturas, los mismos son experimentales, y dependen de varios factores, de la latitud del sitio de cultivo, de la etapa de crecimiento, de la temperatura y de la estacionalidad, entre los más importantes, a continuación se presentan los de los cultivos mas comunes en nuestro país:

Cultivo	K	Cultivo	K
Alfalfa	0.85	Tabaco	0.75
Aguacate	0.53	Tomate	0.70
Algodón	0.65	Uvas	0.60
Arroz	1.05	Campos Deportivos	0.70
Banano	0.90	Frutales***	1.00
Cacao	0.73	Cebolla	0.90
Café	0.75	Tubérculos****	0.70
Caña Azúcar	0.85		
Cítricos	0.60		
Chayote	0.70		
Flores*	0.70		
Frijoles	0.65		
Maíz	0.70		
Sandía-Melón	0.70		
Palma Africana	0.60		
Papa	0.70		
Pastos	0.80		
Hortalizas**	0.70		
Sorgo	0.70		

* Incluye: Ornamentales, helechos, caña india.

** Incluye: Remolacha, culantro, apio, zanahoria, lechuga, repollo, brócoli, coliflor, rábanos, otros.

*** Incluye: Piña, papaya, mango, carambola, maracuyá, otros frutales de cubierta verde.

**** Incluye: yuca, tiquizque, malanga, ñampí, camote, jengibre, otros.

Módulo de Riego

Que es el caudal por unidad de área, requerido por el cultivo en litros por segundo/ Hectárea., y se calcula con la siguiente formula:

$$Mr = (Uc/Ef) \times 0.116 \quad (3)$$

Donde;

Mr; Modulo de riego
Ef: Eficiencia del sistema de riego
0.116; Factor de conversión de unidades

Eficiencias de riego

- Aspersión o Presurizado: 70% Rotor y/o Spray
- Micro aspersión 70%
- Goteo 90%
- Gravedad 50%

Cálculo de Caudal requerido para riego, en litros por segundo.

$$Q = Mr \times A \quad (4)$$

Donde;

Q; Caudal
Mr; Modulo de riego
A; Área de riego en Hectáreas.

1.3 Dotaciones uso doméstico poblacional

A y A

Zona Rural: 200 Litros/día/persona.
Zona Urbana: 300 Litros/día/persona.
Zona Turística o costera 350 Litros/día/persona.



Con proyección de un crecimiento poblacional de un 3% anual.

1.4 Dotaciones uso domestico unipersonal.

Depto Aguas.

Todas las Zonas: 0.02 Litros/segundo/vivienda.

7 personas por vivienda.

Para 1-10 personas: 250 Litros/día/persona.

Cuando se solicita uso doméstico se puede contemplar riego de media hectárea, derecho otorgado por el artículo 37 de la Ley de Aguas Vigente 276, dentro del uso doméstico, según artículo 37.

Se recomienda:

0.10 Litros/segundo/vivienda.

1.5 Dotaciones otros usos domésticos.

www.imta.mx

REQUERIMIENTOS MINIMOS DE SERVICIO DE AGUA POTABLE

Tipología	Subgénero	Dotación Mínima	Observaciones
SERVICIOS			
1. OFICINAS	Cualquier tipo	20 Lts./m2/día	a,c
2. COMERCIO	Locales comerciales	6 Lts./m2/día	a
	Mercados	100 Lts./puesto/día	
	Baños públicos	300 Lts./bañista/regadera/día	
	Lavanderías de autoservicio	40 Lts./kilos de ropa seca	b
3. SALUD	Hospitales, clínicas y centros de salud	800 Lts./cama/día	a,b,c
	Orfanatorios y asilos	300 Lts./huésped/día	a,c
4. EDUCACION Y CULTURA			



**MINISTERIO DEL AMBIENTE Y ENERGIA
INSTITUTO METEOROLOGICO NACIONAL
DEPARTAMENTO DE AGUAS**

	Educación Primaria	20 Lts./alumno/turno	a,b,c
	Educación media y superior	25 Lts./alumno/turno	
	Exposiciones temporales	10 Lts./asistencia/día	a,b,c b
5. RECREACION			
	Alimentos y bebidas	12 Lts./comida	a,b,c
	Entretenimiento	6 Lts./asiento/día	a,b
	Circos y ferias	10 Lts./asistente/día	b
	Dotación para animales, en su caso	25 Lts./animal/día	
	Recreación social	25 Lts./asistente/día	
	Deportes al aire libre con baño y vestidores	150 Lts./asistente/día	a,c
	Estadios	10 Lts./asiento/día	a a,c
6. ALOJAMIENTO			
	Hoteles, moteles y casas huéspedes	300 Lts./huésped/día	a, c
7. SEGURIDAD			
	Reclusorios	150 Lts./interno/día	a,c a,c
	Cuarteles	150 Lts./persona/día	
9. COMUNICACIONES Y TRANSPORTES			
	Estaciones de transporte	10 Lts./pasajero/día	a,c a,c
	Estacionamientos	2 Lts./m2/día	
10. INDUSTRIA			
	Industrias donde se manipulen materiales y sustancias que	100 Lts./trabajador	



**MINISTERIO DEL AMBIENTE Y ENERGIA
INSTITUTO METEOROLOGICO NACIONAL
DEPARTAMENTO DE AGUAS**

ocasionen manifiesto desaseo
30 Lts./trabajador otras
industrias

11. ESPACIOS ABIERTOS

Jardines y parques 5 Lts. M2/día

WWW.imta.mx

OBSERVACIONES

- a) Las necesidades de riego se considerarán por separado a razón de 5 Lts./m²/día.
- b) Las necesidades generadas por empleados o trabajadores se considerarán por separado la razón de 100 Lts./trabajador/día.
- c) Se refiere a la capacidad del almacenamiento de agua para sistemas contra incendios .

PUBLICACION: 2 DE AGOSTO DE 1993
REFORMAS AL REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES PARA EL DISTRITO FEDERAL, MÉXICO

1.6 Dotaciones para usos pecuarios y agroindustrial.

Depto Aguas.

Abrevadero:

Equino y bovino	70 L/d/cabeza.
Ovejas, cabras, terneros	40 L/d/cabeza.
Cerdos	15 L/d/cabeza.
Pollos	250 L/d/1000 pollos.
Conejos	300 L/d/1000 conejos
Gallinas Ponedoras	350 L/d/1000 gallinas.

Lavado instalaciones agropecuarias:

Depto Aguas.

Lecherías vacunos	130 L/d/cabeza.
Porquerizas	65 L/d/cabeza.
Matadero vacunos	3000 L/d/cabeza.
Matadero porcino	2000 L/d/cabeza.
Matadero aves	20 L/d/ave.

Proceso industrialización de carnes:

Depto Aguas.



Industria cárnica

10 L/Kg. Procesado.

Producción Peces:

Truchas y Tilapias*

0.006 Lps/m² espejo agua

*Dotación calculada en base al volumen de peces por metro cúbico, asumiendo 10 peces por metro cúbico, (Engorde 1) con 2 recambios al día. Fuente; INCOPECA.

Plantas Empacadoras de banano.

Proceso lavado y empaque de banano* Para ello existen dos metodologías, (según estudio realizado por el Ing. Adolfo Vázquez Rojas., 1993):

- a. Por pico máximo de producción.
- b. Por ancho de pila de desmane.

Por pico máximo de producción

$$Q = 0.0034 \times P + 1.2197$$

Donde:

Q; caudal en Lps.

P; Pico máximo de producción diario de cajas de banano.

Por ancho de pila de desmane

$$Q = 1.0212 \times B + 1.7635$$

Donde:

Q; caudal en Lps.

B; ancho de pila de banano de primera (metros)

Plantas procesadoras de Lácteos:

(1) Barth 1987,

2000 L/tonelada procesada/día.

Producción de Conservas:

(1) Barth 1987,

20.000 L/tonelada/día producto.



Ingenio producción de azúcar:

(1) Barth 1987,

75.000 L/tonelada/día.

Producción de sábila:

First Aloe de Costa Rica. 2003.

1.10 L/Kg./procesado.

Beneficiado de Café:

ICAFFE.

1000 l/Fanega procesada.

Lavado de productos agrícolas.

Depto. Aguas.

60% Capacidad volumétrica de la pila de lavado, un recambio por cada lavado.

1.7 Dotaciones para usos Industriales

Producción de bebidas alcohólicas:

(1) Barth 1987,

20.000 L/1000 L/bebida.

Producción de bebidas no alcohólicas y Empaque de agua en botellas:

(1) Barth 1987,

1500 L/1000 L/bebida.

Producción de Hielo:

Depto. Aguas

180 L/Marqueta.

Lavandería de ropa:

(1) Barth 1987,

10.000 L/tonelada/día.

Panadería:

Sin Referencia.

2270 L/tonelada/día.

Producción de Papel:

(1) Barth 1987,

250.000 L/tonelada/día.

**Producción de Textiles:**

Sin referencia.

50.000 L/tonelada/día.

Producción de Levadura:

Lic. Luis Carlos Montero. PANASA (2002)

112.000 L/tonelada/día.

Curtido de pieles:

(1) Barth 1987,

55.000 L/tonelada/día.

Construcción:

Corporación INCSA.(2000)

400.00 Lps/m³ mezcla (concreto).

306.00 Lps/m³ mortero.

Proceso Materiales de Quebrador de Piedra.

(MECO) www.mecocr.com, oficio DLL-0047-2003, 10feb2003.

681 L/m³ procesado, para 400m³ procesados en 12 horas.

Lavado de vehículos:

Asumiendo 15 minutos lavando un carro, con una llave abierta.

300L/auto.

Generación Hidroeléctrica:

Procedimientos y lineamientos, CMR. (Ver anexo I)

1.8 Dotaciones para usos Turísticos**Hotelería y Clubes: AyA**

400.00 L/persona/día.

Parques de Diversiones, Recreación y Restaurantes:

WWW.imta.mx

150.00 L/persona/día.

Piscinas:

Sin Referencia.

Sin Recirculación: Volumen/8 horas.

Sin Referencia.

Con Recirculación: 40.00 L/persona/día.



Sin Referencia.

Doméstica:

Sin Referencia.

Volumen/24 horas.

Literatura Citada y Consultada

CAPITULO 2

2. OBRAS CALIBRADORAS

Las obras calibradoras que solicita el Departamento de Aguas para garantizar que se tome el caudal otorgado, se clasificarán de acuerdo con los caudales otorgados y tipo de obra para cada expediente según el detalle que se adjunta:

Para caudales entre 0 y 10 litros por segundo, se recomienda,

2.1. Calibración Tipo Válvula.

El sistema de calibración con válvula, trata de calibrar el caudal otorgado colocando una válvula (llave de paso), que será calibrada por un funcionario del Departamento de Aguas. Debe cumplir como requisito que inmediatamente aguas abajo, de la válvula, debe descargarse el agua libremente a un pequeño tanque evitando afectación del sistema ubicado aguas abajo.

Se debe colocar la válvula de acuerdo con el esquema según figura.

**Para caudales entre 0 y 50 litros por segundo, se recomienda,
Calibración:**

2.2. Tipo Pérdidas.

Consiste en la calibración por pérdidas por fricción, el sistema se implementará con dos pequeños tanques unidos por una tubería de un material y una longitud definidos, por recomendaciones que se tienen de fabricantes de las tuberías más utilizadas en la actualidad (pvc), se recomienda para pendientes menores iguales a 1%. (ver esquema OBRA T4, ISOMETRICO Y CORTE).

Consiste en la variación de caudal que ocurre conforme se varíe el diámetro de la tubería, el material, su longitud y la diferencia de elevación entre la entrada y la salida de dicha tubería.

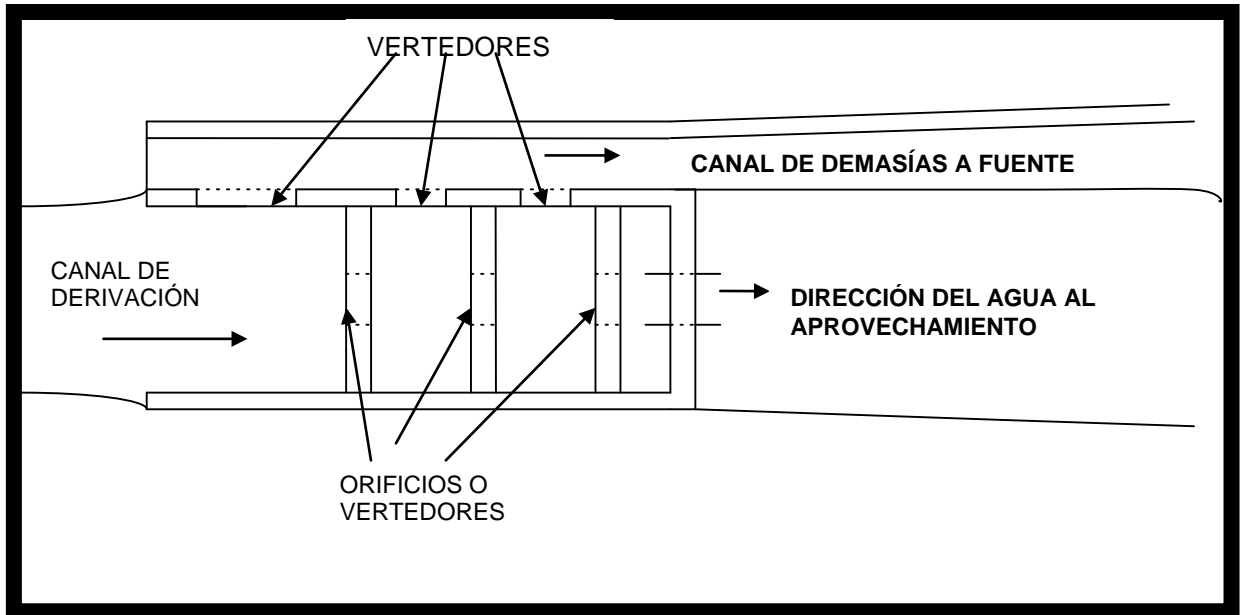
Para caudales mayores a 50 litros por segundo, se recomienda,

2.3. Calibración Tipo Cámaras.

Consiste en una estructura de concreto con dimensiones variables con una combinación de cámara, vertedor lateral y orificio o vertedor frontal, que permiten verter lateralmente las excedencias hasta que en la última cámara se calibre el

caudal otorgado, la obra debe contener como mínimo con 3 cámaras (Ver esquema).

OBRA CALIBRADORA DE VERTEDORES Y/O ORIFICIOS (CÁMARAS)



Notas:

1. Se debe realizar un análisis de sensibilidad.
2. Al realizar el análisis de sensibilidad se permite una variación máxima del 5 % del caudal a calibrar.

2.4. Obras calibradoras partidoras

Existen casos especiales en los que los concesionarios comparten la fuente con otros, lo que obligará al diseño de una obra calibradora-partidora la que será diseñada de acuerdo con cada caso.

2.5. Obras Calibradoras en pozos

Para el caso de los pozos se solicitarán caudalímetros que permitan obtener valores instantáneos de caudal y acumulados de volumen, lo que permitirá determinar el volumen total derivado.

2.6. OBRAS DE CAPTACIÓN



Para nacimientos, ríos y quebradas.

1. **Presa estable:** consiste en una estructura de concreto u otro material ajeno al de la fuente que permita la derivación del agua hacia la obra de conducción.
2. **Presa inestable:** consiste en una estructura conformada con materiales de la fuente o de los alrededores, que por su naturaleza deben ser repuestos año con año después de cada época lluviosa, o sea que en la época lluviosa deben eliminarse.
3. **Estaciones de bombeo** que por la ubicación del sitio de toma y por la topografía no permiten la derivación del agua, lo que obliga al concesionario a bombear.

2.7. OBRAS CONDUCCIÓN

De acuerdo con la naturaleza del aprovechamiento, el caudal otorgado, la zona en que se otorgó la concesión, la facilidad de acceso al sitio del recorrido del agua se pueden tener varias obras de conducción entre las que tenemos:

1. Canal abierto (con o sin revestimiento).
2. Tubería. Que incluyen tuberías de diversos materiales así como el poliducto.



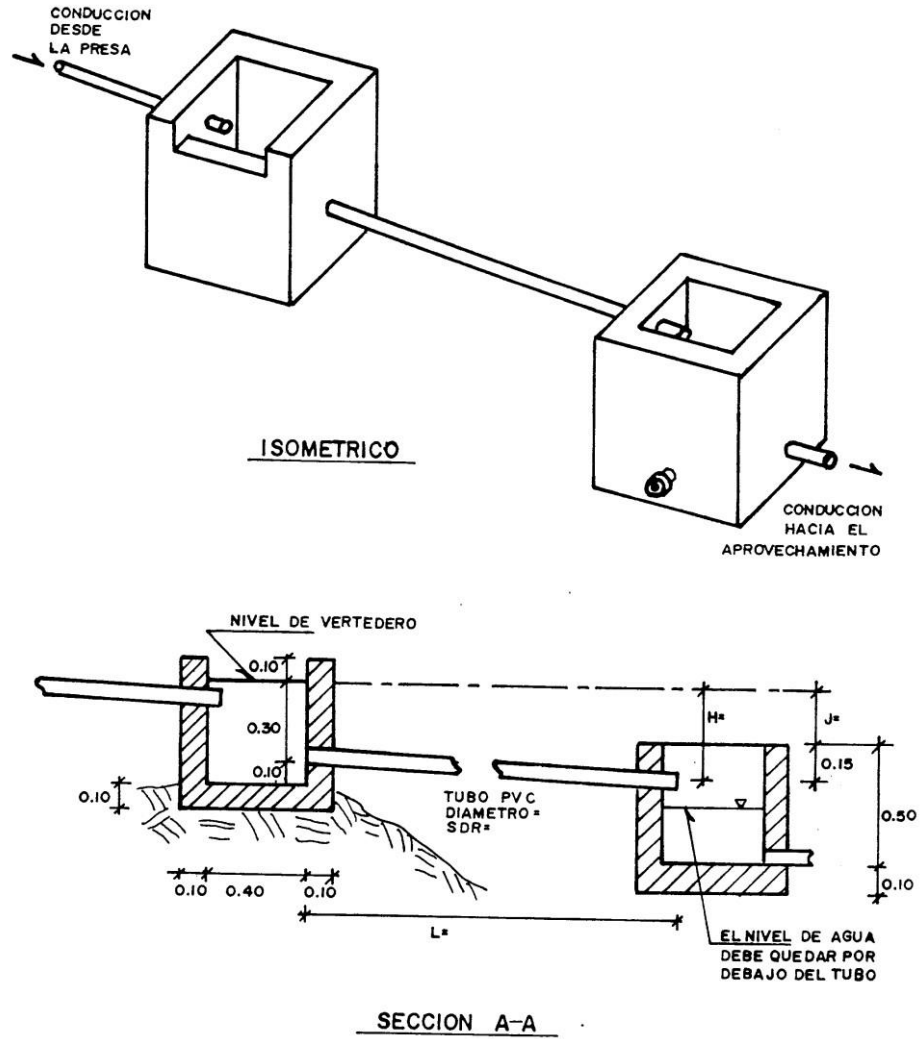
**MINISTERIO DEL AMBIENTE Y ENERGIA
INSTITUTO METEOROLOGICO NACIONAL
DEPARTAMENTO DE AGUAS**

2.8. OBRA DE CALIBRACIÓN POR PÉRDIDAS



Ministerio del Ambiente
y Energía

MINISTERIO DEL AMBIENTE Y ENERGIA
INSTITUTO METEOROLOGICO NACIONAL
DEPARTAMENTO DE AGUAS



CAUDAL DE DISEÑO = I/s

DEPARTAMENTO DE AGUAS		
CONTENIDO OBRA T.4		
ISOMETRICO CORTE		
PREPARÓ		
CALCULÓ:		JUNIO, 2003
ESCALAS INDICADAS	DIMENSIONES EN METROS	

OBRA DE CALIBRACIÓN POR VÁLVULA Capítulo 3.
3.0. Aforos

El usuario que esta interesado en la presentación de una solicitud de concesión para el aprovechamiento de aguas de un manantial (nacimiento), quebrada, río, o cualquier otra fuente de agua, podrá adjuntar un informe de caudal que produzca la fuente, para ello dicho informe deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- a. El aforo deberá realizar en época de estiaje, o sea cuando la fuente produzca los menores caudales. En casos especiales se podrán presentar aforos realizados en temporada lluviosa, por ejemplo cuando la solicitud de aprovechamiento de aguas sea para utilizarla en la temporada lluviosa.
- b. Deberá presentarse un informe técnico el que debe contener; memoria de calculo, fecha del aforo, caudal en litros por segundo, ubicación cartográfica, plano de ubicación del aforo, metodología utilizada, dicho informe deberá ser firmado por un profesional competente y presentado en original.

3.1. Métodos aprobados para medir caudales (Aforo):

Guía de Prácticas Hidrológicas (OMM-No.168)

Volumétrico:

Este método consiste en la medición del agua con un recipiente de un determinado volumen, se toma el tiempo de llenado del mismo y por simple sustitución en la formula:

$$Q = \text{Volumen} / \text{Tiempo (litros/segundos)}$$

Se obtiene el respectivo caudal en litros por segundo, este procedimiento se repite unas cinco veces en un tiempo de una hora, y luego promediar los cinco caudales, para obtener un caudal promedio.

Área Velocidad.

Velocidad Subsuperficial (Molinete y/o corrientómetro)

La medición del caudal por el método **Velocidad Subsuperficial**, se realiza con base en una sección transversal conocida, se mide la profundidades del río en varios puntos con una barra o estádia (regla graduada) o sonda, al mismo tiempo se hacen las mediciones de la velocidad con el molinete en uno o mas puntos de la vertical, (a 0.2 0.8 veces la profundidad y el promedio a 0.6 veces la profundidad, con los datos del ancho del cauce, la profundidad y la velocidad del



agua, se calcula el caudal correspondiente a cada segmento de la sección transversal, la suma de los caudales parciales representa el caudal total.

Complementarios; Velocidad superficial, Formula de Manning, Formula Chorro

El uso de estos métodos queda a criterio del Departamento si se aceptan.

3.2.1. Velocidad superficial, este método consiste en definir una sección transversal, definir un tramo y medir su longitud, se lanza un objeto que flote en el agua y se toma el tiempo que tarda el objeto en recorrer el tramo seleccionado, esta operación se repite una cinco veces y se promedia la velocidad y se calcula el caudal con la formula; $V = \text{DISTANCIA}/\text{TIEMPO}$, en metros por segundo. Para este método se debe corregir la velocidad superficial antes de calcular el caudal.

Los métodos de Manning y Chorro, se calculan con las respectivas formulas, contando con la información de los diferentes parámetros de las respectivas formulas.

Bibliografía consultada

Withers. Bruce, Vipond. Stanley, El Riego, Diseño y Práctica., Editorial Diana, México, D.F. 1986.

Incopesca, SSC-TEC, Curso de Acuicultura Básica, Énfasis en Tilapia y Trucha, Sede Regional San Carlos, Alajuela, Costa Rica, 2002.

First Aloe de Costa Rica. 2003.

Lic. Luis Carlos Montero. PANASA (2002)

Corporación INCSA.(2000)

(MECO) www.mecocr.com, oficio DLL-0047-2003, 10feb2003.

WWW.imta.mx Pagina de Internet del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Compendio fotocopias documentos varios. Departamento de Aguas, Ministerio del Ambiente y Energía.



Fotocopias de documento, cuadro 3.7, Consumo de agua algunas industrias (1) Barth 1987.

Instituto del Café (ICAFE).

Acueductos y Alcantarillados (A y A)