**cenicaña**

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia

EL AFORADOR RBC

JORGE TORRES*

RICARDO CRUZ**

Una estructura sencilla para canales de riego

El agua es un recurso costoso y en ocasiones los agricultores no disponen de la cantidad suficiente para atender sus necesidades de riego. Un programa adecuado de administración del agua, a nivel regional o de las haciendas, requiere de la instalación de estructuras de medición a lo largo de las redes de distribución que permitan regular las asignaciones de agua a los diferentes campos, como también el reconocimiento de las necesidades de revestimiento de los canales para evitar las pérdidas por filtración.

Generalmente, se tienen estructuras o mecanismos de aforo en los sitios de captación de las aguas superficiales o a la salida de los pozos

profundos. En la mayoría de los casos, son pocas las estructuras de aforo construidas en la red de distribución y el agua de riego entregada a los campos se estima visualmente, lo cual genera pérdidas excesivas de agua por percolación y por escorrentía al final del surco.

Una de las formas de afrontar los periodos de sequía consiste en mejorar la eficiencia en el uso del agua de riego. Para lograr esto, se necesita medir el caudal disponible en las acequias.

En la actualidad, existe un gran número de estructuras y mecanismos para medir el agua en los canales, que difieren tanto de precisión como en costo. Entre los más cono-

* IA. Ph.D. Director Programa de Agronomía

** IA. M.Sc. Ingeniero de Suelos y Aguas.



Figura 1. Aforador RBC

cidos se encuentran: el molinete, los orificios sumergidos, los vertederos trapezoidales, rectangulares y triangulares y las canaletas WSC, Parshall y sin cuello. También se dispone del aforador RBC (Figura 1), que tiene ventajas debido a la facilidad de instalación, economía en la construcción y precisión en los aforos.

Los vertederos son estructuras en las cuales la selección de control de flujo se forma mediante una elevación que se construye en el fondo del canal, mientras que en las canaletas o aforadores, el control de flujo se

realiza por estrechamiento de las paredes del canal. En el caso del RBC, bien podría llamarse vertedero o aforador de cresta ancha.

■ Funcionamiento

Las estructuras de aforo provocan contracciones en la sección de los canales y obligan así a incrementar la velocidad del agua a un nivel crítico, el cual tiene una relación directa con el caudal transportado por el canal en ese momento. Este hecho permite establecer curvas o tablas de aforo que son únicas para cada tamaño y tipo de estructura. La mayoría de estas estructuras requieren de una calibración previa en el laboratorio y por consiguiente, pequeñas desviaciones en las medidas de los aforadores construidos en el campo pueden cambiar la curva de calibración, lo cual hace necesario el establecimiento de una nueva curva de aforo en el laboratorio. El aforador es una estructura hidráulicamente determinada que permite simular matemáticamente su funcionamiento y

este hecho permite generar una nueva curva de calibración en el caso de presentarse cambios en las dimensiones de la estructura durante su construcción. Cenicafía tiene disponible para los ingenios azucareros y los cultivadores de caña, un programa de computador que permite la calibración de los aforadores cuyas dimensiones sean diferentes de las dimensiones presentadas en la presente publicación.

■ Descripción

El aforador RBC debe su nombre a las iniciales de los apellidos de los ingenieros diseñadores: John A. Replogle, Marinus G. Bos y Albert J. Clemens. La estructura corresponde a un aforador de garganta larga a la cual se le coloca una rampa en el área de flujo para reducirla y de esta manera provoca un resalto hidráulico. (Figura 2). Esta rampa se coloca en el fondo del canal en donde se debe definir la altura de la cresta (S), la longitud de la rampa (L_b) y la longitud de la cresta (L_c) que debe tener una pendiente de 3:1. La definición de la altura del resalto debe hacerse con cuidado porque de ella depende el nivel del agua en el canal aguas arriba de la estructura. El resalto debe tener una altura suficiente para provocar un salto hidráulico tan pronto como el agua pase por la cresta de la canaleta y sin que sea demasiado alto, pues se provocaría una acumulación excesiva de sedimentos y también se aumentaría el costo de la estructura.

Es recomendable colocar la regla de aforo a una distancia equivalente a tres veces el tirante máximo medi-

Para mejorar la eficiencia en el uso del agua de riego, es muy importante medir el caudal disponible en las acequias de riego.

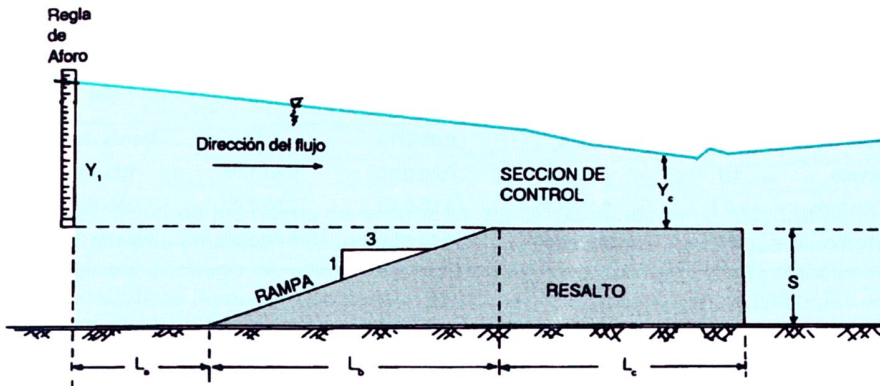
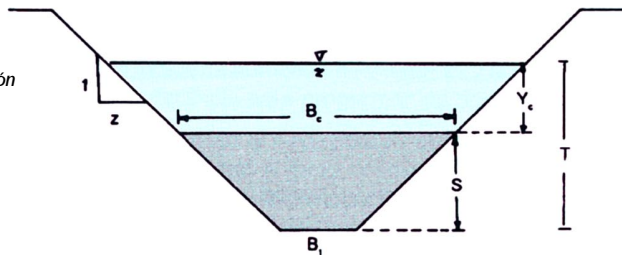


Figura 2. Descripción gráfica del aforador RBC, para canales trapezoidales.



do por encima de la cresta. Así mismo, la longitud de la rampa (L_d) debe ser tres veces la altura de la cresta (S), y la longitud de la cresta (L_c) corresponde a 1.5 veces el tirante máximo medido sobre la cresta. Adicionalmente, se debe dejar un borde libre por encima del nivel máximo del agua en el canal y así evitar desbordamientos. Este borde libre corresponde, por lo general, a 0.2 veces el tirante máximo.

También es recomendable la instalación de un par de tubos de PVC, con diámetros adecuados, a lo largo de la rampa, los cuales se pasan por debajo de la cresta para permitir el vaciado del canal.

■ Instalación

Las estructuras de aforo en canales abiertos deben instalarse en tramos rectos del canal donde no existan entradas ni derivaciones de agua cercanas al sitio seleccionado. En términos de hidráulica se dice que el flujo debe ser uniforme, lo cual significa que el agua en el canal no debe presentar turbulencia, ni remolinos, ni ondas en la superficie. El espejo de agua debe aparecer como una superficie plana y uniforme.

Aguas abajo de la estructura, se pueden presentar saltos hidráulicos que no afectan el funcionamiento de la canaleta bajo estas condiciones.

En algunas oportunidades la pen-

diente de los canales es muy pequeña y al instalarse una estructura de aforo se puede producir un represamiento aguas arriba. Este hecho es limitante para la mayoría de los aforadores. El aforador RBC tolera bastante las condiciones de sumergencia a ahogamiento, debido a que las pérdidas de carga a través del aforador son muy pequeñas.

En los campos cultivados con caña de azúcar es común encontrar entre dos a tres secciones típicas de canales, las cuales permiten la construcción de estructuras de aforo fijas o portátiles con dimensiones estandarizadas (Cuadro 1). Para estas secciones típicas se presenta la tabla de calibración respectiva (Cuadro 2). En el caso de acequias o canales en tierra, es necesario revestir el canal dos o tres metros antes de la estructura. En canales ya revestidos, la construcción de la canaleta se facilita, pues sólo es necesario fundir la rampa y la cresta que van en el fondo del canal.

El aforador RBC que se instala de manera permanente se puede construir con ladrillos, con bloques de mezcla de suelo y cemento o con concreto. También se puede utilizar vigas prefabricadas y losas de hormigón armado. En los casos de instalaciones temporales se puede construir con madera impermeabilizada, aluminio o fibra de vidrio.

Los costos de construcción del aforador RBC son significativamente más bajos que los de estructuras más complicadas, como las canaletas Parshall y las canaletas sin cuello.

CUADRO 1. Secciones de canales trapezoidales más comunes.

Canal	TALUD Z:1	Altura rampa (S) (m)	Plantilla (B ₁) (m)	Tirante (T) (m)	Caudal (l/s)
Surco	2:1	0.05	0.05-0.10	0.15	Menos de 10
Terciario	1:1	0.20-0.25	0.40-0.80	0.40-1.00	100-300
Secundario	1.5:1	0.25-0.35	0.60-0.80	0.50-1.00	300-600
Primario	2:1	0.35-0.50	1.00-3.00	1.00-3.00	Más de 600

En canales pequeños, muy comunes en el cultivo de la caña de azúcar, los costos pueden ser solamente un 10 a 20% del costo de las estructuras de aforo tradicionales, y en el caso de canales más grandes, el costo de referencia puede ser del 50%.

■ Mantenimiento

Las estructuras de aforo, al igual que los canales, deben mantenerse de manera periódica con el objetivo de remover los sedimentos, las malezas acuáticas y las gramíneas que crecen en el talud y en la berma del canal, que afectan la relación entre el caudal y la geometría de la estructura y alteran la precisión de las mediciones. Por lo tanto, es recomendable verificar la limpieza antes de realizar la lectura de la reglilla de aforo.

cenicaña

Estación Experimental
San Antonio
Vía Cali-Florida km 26
A.A. 9138
Oficina Cali: Calle 58N N° 3N.110
Tels.: 6648025
Fax: 6641936 - Cali
Colombia

Edición

Camilo H. Isaacs
Jefe Servicio de Cooperación
Técnica y Transferencia

Diseño e impresión

FERIVA

CUADRO 2. **Tabla de calibración del aforador RBC**

Surcos		Canal Terciario		Canal Secundario		Canal Primario	
$B_1 = 0.05$ m	$B_1 = 0.01$ m	$B_1 = 0.60$ m	$B_1 = 1.00$ m	$B_1 = 0.80$ m	$B_1 = 1.70$ m	$B_1 = 1.20$ m	$B_1 = 3.20$ m
$Z_c = 2.00$		$Z_c = 1.00$		$Z_c = 1.50$		$Z_c = 2.00$	
$S = 0.05$ m		$S = 0.20$ m		$S = 0.30$ m		$S = 0.50$ m	
$L = 0.30$ m		$L = 1.20$ m		$L = 1.20$ m		$L = 4.00$ m	
$L_a = 0.05$ m		$L_b = 0.60$ m		$L_b = 0.90$ m		$L_a = 1.50$ m	
$L_c = 0.15$ m		$L_c = 1.70$ m		$L_c = 1.70$ m		$L_b = 5.00$ m	
H^* (cm)	Q^* (l/s)	H (cm)	Q (l/s)	H (cm)	Q (l/s)	H (cm)	Q (l/s)
2.0	0.5	17	138	20	301	20	506
2.2	0.6	19	168	22	354	22	596
2.4	0.7	21	200	24	412	24	692
2.6	0.8	23	234	26	474	26	794
2.8	0.9	25	272	28	540	28	903
3.0	1.0	27	312	30	610	30	1018
3.2	1.1	29	355	32	685	32	1139
3.4	1.2	31	401	34	764	34	1267
3.6	1.4	35	501	36	848	36	1401
3.8	1.5	37	556	38	935	38	1542
4.0	1.6	39	613	40	1028	40	1690
4.2	1.8	41	674	42	1126	42	1844
4.4	1.9	43	737	44	1227	44	2005
4.6	2.1	45	804	46	1334	46	2172
4.8	2.2	47	874	48	1445	48	2347
5.0	2.4	49	946	50	1561	50	2528
5.2	2.6	51	1022	52	1682	52	2716
5.4	2.8	53	1102	54	1808	54	2912
5.6	3.0	55	1184	56	1938	56	3114
5.8	3.1	57	1270	58	2074	58	3322
6.0	3.2	59	1359	60	2215	60	3539
6.2	3.6	63	1547	62	2361	62	3763
6.4	3.8	65	1646	64	2512	64	3994
6.6	4.0	67	1749	66	2668	66	4232
6.8	4.2	69	1855	68	2830	68	4477
7.0	4.4	71	1965	70	2997	70	4730
7.2	4.5	73	2078	72	3169	72	4991
7.4	4.9	75	2195	74	3345	74	5259
7.6	5.2	77	2316	76	3528	76	5535
7.8	5.4	79	2440	78	3717	78	5818
8.0	5.7	81	2568	80	3911	80	6109
8.2	5.9	83	2700	82	4111	82	6408
8.4	6.2	85	2836	84	4316	84	6715
8.6	6.5	87	2975	86	4527	86	7029
8.8	6.8	89	3119	88	4744	88	7352
9.0	7.1	91	3266	90	4967	90	7683
9.2	7.4	93	3417	92	5196	92	8021
9.4	7.7	95	3573	94	5431	94	8368
9.6	8.0	97	3732	96	5671	96	8723
9.8	8.4	99	3895	98	5918	98	9087
10.0	8.7	100	3979	100	6171	100	9459

H^* = Lectura de la regla de aforo Q^* = Caudal