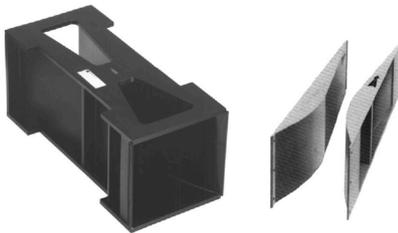


Información técnica

Khafagi-Venturi QV302 a QV316

Medición de flujo



Aforador abierto para medición de flujo con tecnología de ultrasonidos

Aplicación

Los aforadores de Khafagi-Venturi se usan para medir el flujo de salida en canales abiertos. Con estos aforadores se puede medir el flujo de entrada y de salida de las aguas residuales industriales y municipales. Los aforadores de Khafagi-Venturi se encuentran disponibles como elementos de inserción completos o en forma de semiconchas. La mejor opción para instalar el elemento de inserción Khafagi-Venturi completo es su colocación directa en un canal nuevo en construcción. Se trata de una unidad totalmente calibrada, lo que garantiza la máxima precisión. Las semiconchas Khafagi-Venturi también se pueden integrar fácilmente en canales ya existentes con un esfuerzo mínimo.

Ventajas

- Nueve tamaños estándar para caudales de 0,4 l/s a 1 500 l/s.
- Unidad totalmente calibrada que asegura la máxima precisión.
- Resistente a aguas residuales ácidas o básicas, sin socavación y con baja formación de deposiciones.
- El diseño del aforador optimiza el flujo, lo que garantiza el nivel superior de agua más bajo posible.

Índice de contenidos

Sobre este documento	3
Convenciones usadas en el documento	3
Funcionamiento y diseño del sistema	3
Sistema de medición	4
Estructura del aforador	4
Montaje	6
Montaje de los aforadores de Khafagi-Venturi	6
Montaje de las semiconchas de Khafagi-Venturi	7
Preparaciones para la instalación del sensor	7
Proceso	8
Estructura mecánica	9
Aforadores de Khafagi-Venturi	9
Semiconchas de Khafagi-Venturi	11
Materiales	12
Documentación suplementaria	12

Sobre este documento

Convenciones usadas en el documento

Símbolos de seguridad

PELIGRO

Este símbolo le advierte de una situación peligrosa. Si no se evita dicha situación, se producirán lesiones graves o mortales.

ADVERTENCIA

Este símbolo le advierte de una situación potencialmente peligrosa. Si no se evita dicha situación, se pueden producir lesiones graves y hasta mortales.

ATENCIÓN

Este símbolo le advierte de una situación potencialmente peligrosa. Si no se evita dicha situación, se pueden producir lesiones de gravedad leve o media.

AVISO

Este símbolo le advierte de una situación potencialmente nociva. Si no se evita dicha situación, se pueden producir daños en el producto o en sus alrededores.

Símbolos para determinados tipos de información

Símbolo	Significado
	Admisible Procedimientos, procesos o acciones que son admisibles.
	Prohibido Procedimientos, procesos o acciones que están prohibidos.
	Sugerencia Indica información adicional.
	Referencia a la documentación
	Nota o paso individual que se debe tener en cuenta
	Serie de pasos

Símbolos en gráficos

Símbolo	Significado
	Números de elementos
	Serie de pasos
	Vistas
	Área de peligro Indica una zona peligrosa.
	Área segura (área exenta de peligro) Indica una zona sin peligro de explosión.

Funcionamiento y diseño del sistema

Los aforadores de Khafagi-Venturi se usan para medir el flujo de salida en canales abiertos. Con estos aforadores se puede medir el flujo de entrada y de salida de las aguas residuales industriales y municipales. Los aforadores de Khafagi-Venturi se encuentran disponibles como elementos de inserción completos o en forma de semiconchas. La mejor opción para instalar el elemento de inserción Khafagi-Venturi completo es su colocación directa en un canal nuevo en construcción. Se trata de una unidad totalmente calibrada, lo que garantiza la máxima precisión. Las semiconchas Khafagi-Venturi también se pueden integrar fácilmente en canales ya existentes con un esfuerzo mínimo.

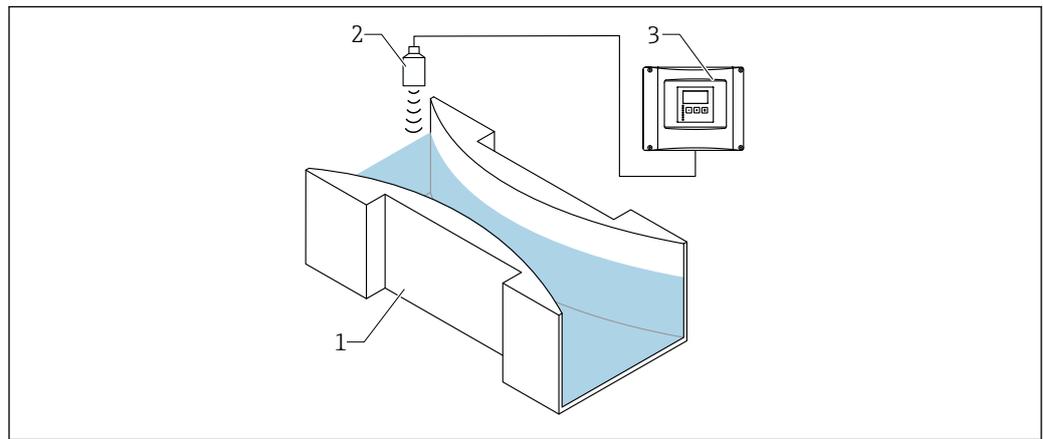
Sistema de medición

El uso de un elemento de inserción de Khafagi-Venturi en un canal abierto proporciona una correlación directa entre el caudal (l/s...m³/h) y el nivel superior del agua. El caudal se puede calcular directamente a partir de la altura del agua aguas arriba de la constricción de Venturi. Un transmisor ultrasónico sin contacto y exento de mantenimiento (p. ej., un Prosonic S) mide el nivel superior del agua. El ordenador de flujo integrado convierte el valor medido del nivel superior del agua en un caudal del flujo de salida. El contador integrado calcula y muestra el volumen total de agua circulante (véase la figura).

Características adicionales:

- Corte por flujo bajo para mediciones de flujo
- Detección y señalización de retorno de agua o suciedad en el aforador
- Control de un tomamuestras basado en volumen o en tiempo

Las curvas de linealización de todos los canales y vertederos estándar usuales están ya programadas y se pueden cargar. Se pueden programar diseños especiales según requisitos individuales.



A0048423

- 1 Canal abierto Khafagi-Venturi
 2 Sensor ultrasónico FDU9x
 3 Transmisor FMU90

Estructura del aforador

La entrada a la garganta es el arco de un círculo. Dado que la longitud de la entrada coincide con el ancho del canal, la pérdida por fricción es insignificante, con tan solo unos pequeños efectos causados por la curvatura de los hilos de corriente. En comparación con otros aforadores, este diseño permite un mayor flujo de salida con el mismo nivel superior del agua. Para la relación $b_2 \cdot b_1$ (ancho de la constricción : ancho de la entrada) del aforador de Khafagi-Venturi se ha seleccionado un valor de 0,4 que ofrece el compromiso óptimo entre la altura del agua en la entrada y la precisión del sistema. El ensanchamiento posterior a la constricción (= difusor) presenta una relación de 1:8 para mantener las pérdidas lo más reducidas posible. La constricción provoca un cambio en el flujo que crea la diferencia en altura necesaria para la medición del flujo de salida. La ventaja principal sobre los vertederos es que no se pueden formar sedimentos aguas arriba ni en el aforador a ciertas velocidades de flujo gracias a la base continua, plana y lisa del aforador. De esta manera se asegura la precisión a largo plazo sin necesidad de mantenimiento. El Instituto de Ingeniería Hidráulica (Institut für Wasserbau) de la Universidad de Stuttgart calibró individualmente los aforadores de Khafagi-Venturi en un banco de pruebas usando la fórmula siguiente para el flujo de salida:

$$Q = 0,01744 \cdot b_2 \cdot h^{1,5} + 0,00091 \cdot h^{2,5}$$

$Q \hat{=}$ flujo de salida [l/s]

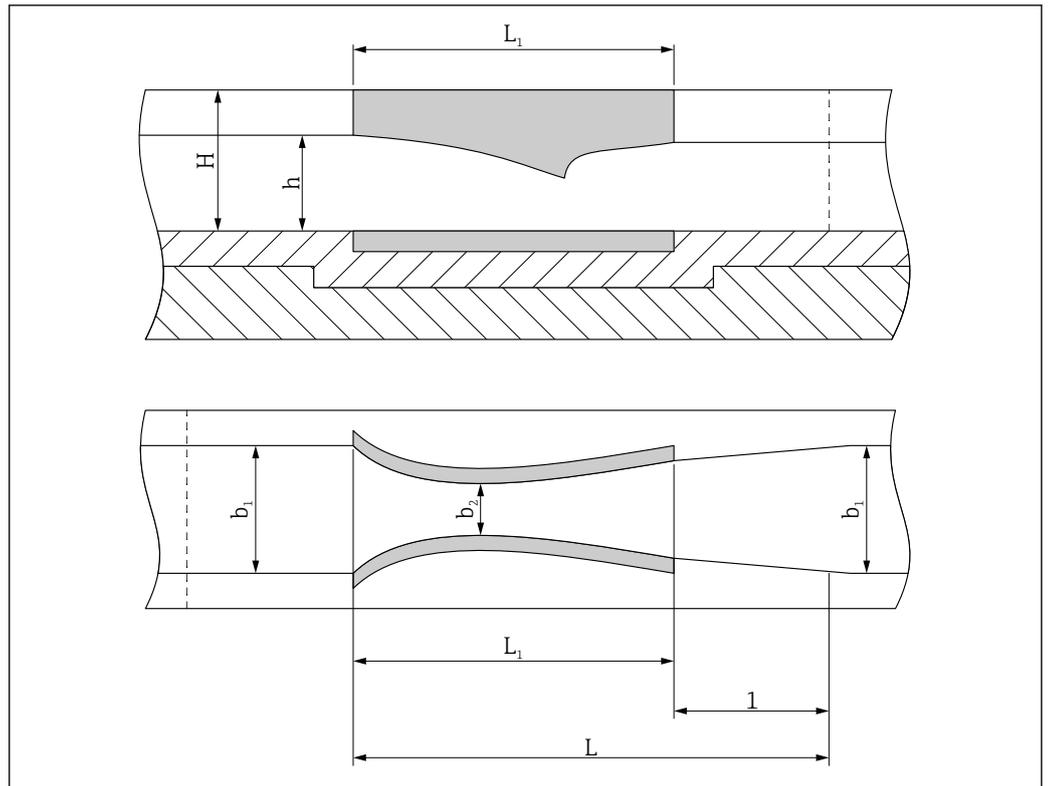
$b_2 \hat{=}$ ancho de la constricción [cm]

$h \hat{=}$ nivel aguas arriba del aforador [cm]

En el rango de flujo de salida del 6 % al 20 %, los aforadores de Khafagi-Venturi ¹⁾ presentan un error medido máximo del 2 %. En el rango de flujo de salida del 20 % al 100 %, el error medido máximo es del 1 %. El error medido de la lectura final está por debajo del 0,4 % en todo el rango del flujo de salida.

Los aforadores de Khafagi-Venturi son muy duraderos y requieren muy poco mantenimiento gracias al uso de materiales que presentan una resistencia excelente a las sustancias químicas y al desgaste mecánico. Estas características incrementan de manera significativa la vida útil del aforador.

1) aforadores de Khafagi-Venturi calibrados en condiciones de referencia



A0048424

1 Medidas de los aforadores de Khafagi-Venturi

- 1 Difusor
- b1 Ancho de entrada
- b2 Ancho de constricción
- L₁ Longitud del aforador
- L Longitud hasta el extremo del difusor
- H Altura del aforador
- h Nivel superior del agua

Caudales de los tamaños estándar para aforadores de Khafagi-Venturi completos (la versión estándar tiene paredes laterales más elevadas)

Tipo	Ancho de canal b ₁ mm	Flujo máximo Q				Altura del agua en la entrada h con Q _{máx}	
				Con paredes laterales más altas		Con paredes laterales más altas	
		l/s	m ³ /h	l/s	m ³ /h	mm	mm
QV302	120	11	40	22	80	224	324
QV303	300	25	90	50	180	228	351
QV304	400	50	180	100	360	297	461
QV305	500	90	320	180	640	381	585
QV306	600	100	360	200	720	366	567
QV308	800	250	900	500	1800	557	853
QV310	1000	500	1800	1000	3600	752	1158
QV313	1300	800	2880	1600	5760	870	1343
QV316	1600	1500	5400	3000	10800	1147	1768

Montaje

Montaje de los aforadores de Khafagi-Venturi

Instale el aforador en un lugar en el que las aguas residuales circulen sin agitación, es decir, a velocidad normal, hacia el aforador. La presencia de lechos con desniveles que creen oleaje en el agua o de curvas situadas inmediatamente aguas arriba del sistema de medición puede provocar errores significativos en la medición del volumen de agua. De ahí que se requiera una sección de canal recta de al menos $10 \cdot b_1$ aguas arriba del sistema de medición (b_1 = ancho del canal).

Se deben usar los siguientes tramos de canal de flujo suave:

- a) $10 \cdot b_1$ resulta suficiente aguas abajo de una curva
- b) $30 \cdot b_1$ aguas abajo de un flujo lateral
- c) $50 \cdot b_1$ aguas abajo de un vertedero.

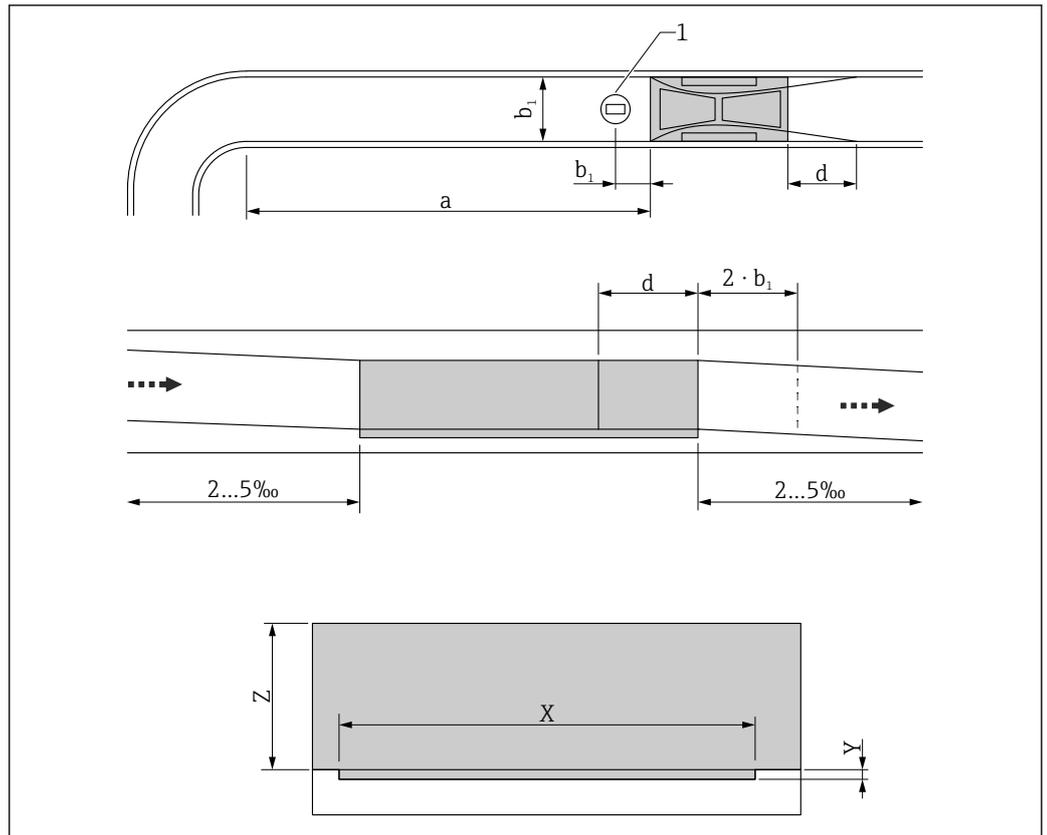
Si el aforador es alimentado por una tubería, basta con disponer de una corta sección de canal rectangular que mida $3 \times b_1$ de longitud aguas arriba del aforador como sección tranquilizadora tras una transición suave de un plano circular a un plano rectangular. Todos los demás requisitos son los mismos que para a, b y c. La pendiente del canal debe ser de aprox. 2 ‰ a 5 ‰ (posibilidad de salida hacia un pozo tras $2 \cdot b_1$ aguas abajo del difusor). Las paredes y la base del canal deben ser lo más suaves posible. Con el flujo de salida mínimo, la velocidad de flujo de las aguas residuales debería ser 0,6 m/s con el fin de que los sólidos se puedan evacuar fácilmente. Por otra parte, la pendiente no debe ser demasiado grande; de lo contrario, la salida aguas abajo del aforador borbotearía demasiado deprisa. El canal de salida no debe contener ninguna pieza que pueda afectar al nivel. El eje longitudinal del aforador debe coincidir exactamente con el del canal de entrada. Para posicionar el aforador con precisión se usan cuatro puntos de referencia situados en su superficie superior.

Prepare la base de hormigón y coloque el aforador sobre esta.

Asegúrese de lo siguiente:

- El aforador está posicionado en el sentido de flujo correcto
- El suelo es perfectamente horizontal
- El lecho en la entrada no presenta desniveles
- El aforador está alineado exactamente con el canal
- Si el canal está seco, no queda agua retenida en el aforador

Al principio y al final del aforador debe haber una abertura de dilatación de 10 ... 15 mm (0,39 ... 0,59 in) de ancho rellena con una lechada de elasticidad permanente. Llene el espacio de al lado de las paredes laterales con hormigón pobre sin compactar (¡no vibrar!).



A0048425

- 1 Sensor
 a Por lo menos $10 \cdot b_1$
 b1 Ancho de entrada
 d Difusor (ensanchamiento de la salida no necesario para QV 302)
 X Longitud del hueco (hueco necesario en el suelo del canal [para aforadores completos])
 Y Profundidad del hueco
 Z Altura mínima del canal

Montaje de las semiconchas de Khafagi-Venturi

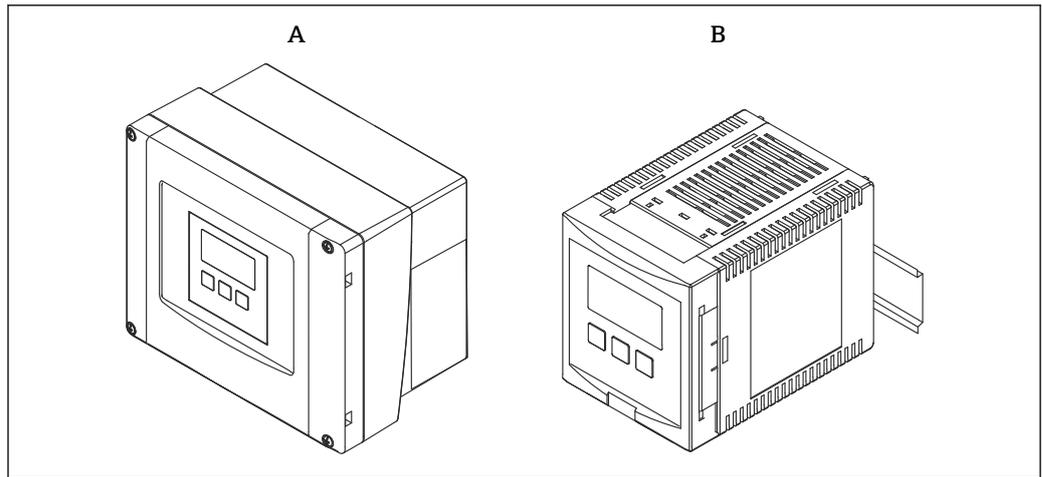
Si no es posible instalar un aforador completo y en su lugar es preciso montar dos semiconchas en un canal ya existente, adopte las medidas siguientes:

- Use las mismas secciones tranquilizadoras que se emplean en caso de instalación de aforadores de Khafagi-Venturi completos
- Asegúrese de que el fondo del canal sea plano y liso en el punto de instalación
- Las semiconchas deben estar exactamente una enfrente de otra
- Las semiconchas deben descansar sobre la base del canal
- Resulta esencial que se cumplan exactamente las medidas b_2 (ancho de constricción) y b_1 (ancho de entrada = ancho de salida), (desde el borde superior hasta el borde inferior de las semiconchas)
Evite la presencia de bordes en las paredes laterales o en el trayecto entre el aforador y el difusor.
Se debe dejar holgura para el lecho con desnivel.

Preparaciones para la instalación del sensor

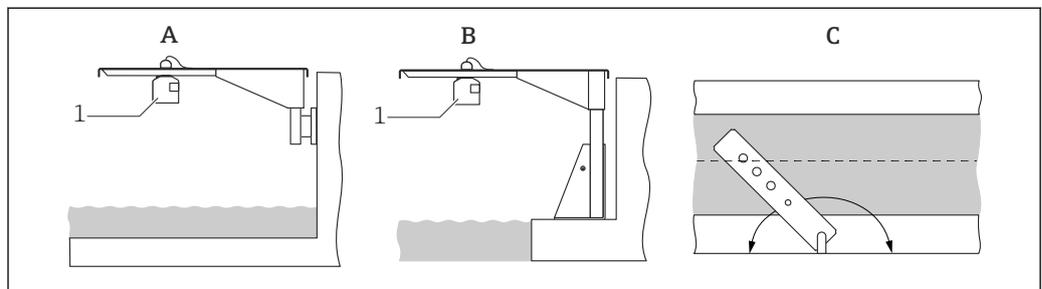
Medición del nivel superior del agua con el transmisor ultrasónico Prosonic S

Para medir la altura del agua en la entrada (nivel superior del agua) monte el sensor Prosonic S FDU9x alrededor de un ancho de canal b_1 aguas arriba de la entrada al aforador. Es preferible montar los sensores ultrasónicos con un soporte especial. Con el soporte existe la posibilidad de alinear el sensor a una cierta distancia de la superficie del agua y de la pared del canal. El sensor siempre se debe montar de forma que su superficie quede paralela a la superficie del agua. El transmisor Prosonic S FMU90 se puede montar de maneras diferentes en campo y en la sala de control. Para obtener información más detallada sobre la instalación del sensor y la puesta en marcha del transmisor, véase la documentación relacionada en www.endress.com/download.



A0048428

A FMU90, caja para montaje en campo
 B FMU90, versión para raíl DIN



A0036748

A Escuadra de fijación con soporte voladizo y placa de montaje en pared
 B Escuadra de fijación con soporte voladizo y bastidor de montaje
 C La escuadra de fijación se puede pivotar para posicionar el sensor sobre el centro del aforador
 1 Sensor

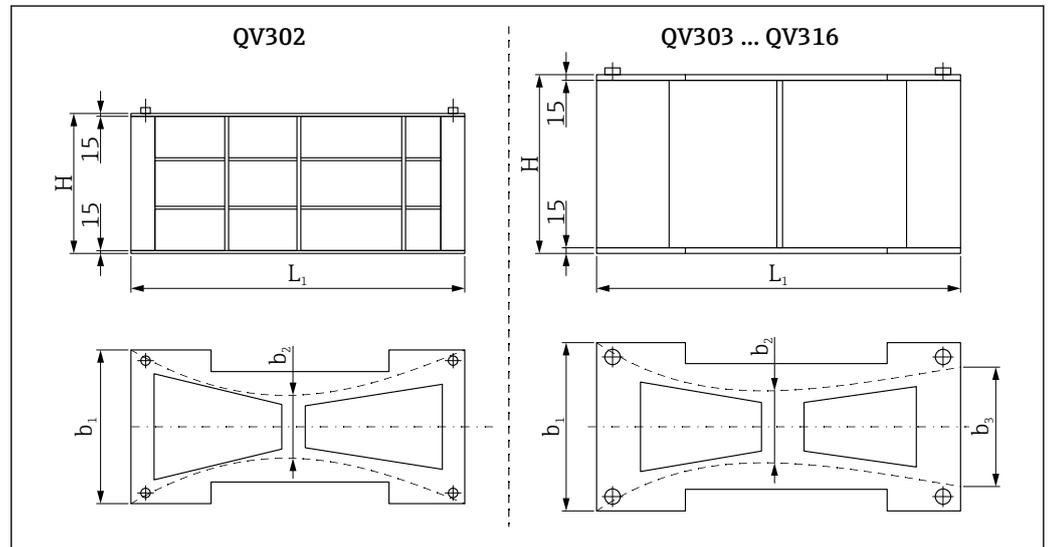
Proceso

- Coeficiente de dilatación: $1,8 \cdot 10^{-4} / K$
- Rango de temperatura: 0 ... 40 °C (32 ... 104 °F)

Estructura mecánica

Aforadores de Khafagi-Venturi

El aforador de Khafagi-Venturi QV302 se entrega con una salida de difusor. Los aforadores QV303 a QV316 se entregan sin difusor. Los aforadores de Khafagi-Venturi con paredes laterales elevadas permiten doblar el caudal sin variar el ancho de canal b_1 .



2 Medidas de los aforadores de Khafagi-Venturi QV302 a QV316

- b_1 Ancho de entrada
- b_2 Ancho de constricción
- b_3 Ancho de salida
- H Altura total del aforador
- L_1 Longitud del aforador

Tamaños estándar (todas las medidas están expresadas en mm) para aforadores de Khafagi-Venturi completos (relación de constricción $b_2:b_1 = 0,4$)

	QV302	QV303	QV304	QV305	QV306
	011454-0002 011454-2002 ¹⁾	011454-0003 011454-2003 ¹⁾	011454-0004 011454-2004 ¹⁾	011454-0005 011454-2005 ¹⁾	011454-0006 011454-2006 ¹⁾
Ancho de entrada b_1	120	300	400	500	600
Ancho de constricción b_2	48	120	160	200	240
Ancho de salida b_3	-	210	280	350	420
Longitud del aforador L_1	420	690	920	1150	1380
Longitud hasta el extremo del difusor L	420	1050	1400	1750	2100
Altura total del aforador H	300	300	400	450	450
Altura total con paredes laterales elevadas H	400	400	500	600	650
Longitud del hueco X ²⁾	520	710	940	1170	1400
Profundidad del hueco Y ²⁾	15	15	15	15	15
Altura mín. de la pared del canal Z ²⁾	285	285	385	435	435
Altura mín. de la pared del canal Z con paredes laterales elevadas ²⁾	385	385	485	585	635

1) Número de pedido del aforador con paredes laterales más altas

2) → 7

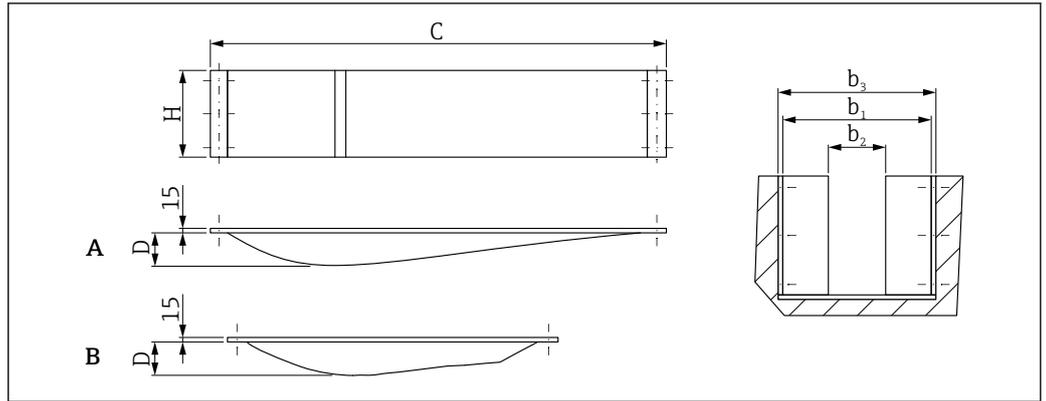
Tamaños estándar (todas las medidas están expresadas en mm) para aforadores de Khafagi-Venturi (relación de constricción $b_2:b_1 = 0,4$)

	QV308	QV310	QV313	QV316
	011454-0008 011454-2008 ¹⁾	011454-0010 011454-2010 ¹⁾	011454-0013 011454-2013 ¹⁾	011454-0016 011454-2016 ¹⁾
Ancho de entrada b1	800	1000	1300	1600
Ancho de constricción b2	320	400	520	640
Ancho de salida b3	560	700	910	1120
Longitud del aforador L1	1840	2300	3000	3680
Longitud hasta el extremo del difusor L	2800	3500	4550	5600
Altura total del aforador H	670	870	1020	1320
Altura total con paredes laterales elevadas H	870	1200	1400	1800
Longitud del hueco X ²⁾	1860	2330	3030	3710
Profundidad del hueco Y ²⁾	15	15	15	15
Altura mín. de la pared del canal Z ²⁾	655	855	1005	1305
Altura mín. de la pared del canal Z con paredes laterales elevadas ²⁾	855	1185	1385	1785

1) Número de pedido del aforador con paredes laterales más altas

2) →  7

Semiconchas de Khafagi-Venturi



A0048427

3 Medidas de las semiconchas de Khafagi-Venturi QV302 a QV316

- A QV303 a QV310
- B QV313 a QV316
- b1 Ancho de entrada
- b2 Ancho de constricción
- b3 Hueco en la balsa
- H Altura
- C Longitud del aforador
- D Ancho de la semiconcha

Tamaños estándar (todas las medidas están expresadas en mm) para semiconchas de Khafagi-Venturi (relación de constricción $b_2:b_1 = 0,4$)

	QV302	QV303	QV304	QV305	QV306
	011454-1002 011454-3002 ¹⁾	011454-1003 011454-3003 ¹⁾	011454-1004 011454-3004 ¹⁾	011454-1005 011454-3005 ¹⁾	011454-1006 011454-3006 ¹⁾
Longitud del aforador C	600	1250	1600	1950	2300
Altura H	300	300	400	450	450
Altura con paredes laterales elevadas H1	400	400	500	600	650
Ancho de entrada b_1	120	300	400	500	600
Ancho de constricción b_2	48	120	160	200	240
Hueco en la balsa b_3	150	330	430	530	630
Ancho de la semiconcha D	36	90	120	150	180

1) Número de pedido de la semiconcha con paredes laterales más altas

Tamaños estándar (todas las medidas están expresadas en mm) para semiconchas de Khafagi-Venturi completas (relación de constricción $b_2:b_1 = 0,4$)

	QV308	QV310	QV313	QV316
	011454-1008 011454-3008 ¹⁾	011454-1010 011454-3010 ¹⁾	011454-1013 011454-3013 ¹⁾	011454-1016 011454-3016 ¹⁾
Longitud del aforador C	3050	3200	4000	4800
Altura H	670	870	1020	1320
Altura con paredes laterales elevadas H1	870	1200	1400	1800
Ancho de entrada b_1	800	1000	1300	1600
Ancho de constricción b_2	320	400	520	640
Hueco en la balsa b_3	830	1030	1330	1630
Ancho de la semiconcha D	240	300	390	480

1) Número de pedido de la semiconcha con paredes laterales más altas

Materiales

PP

Documentación suplementaria

Documentación del sensor ultrasónico Prosonic S FDU9x y el transmisor ultrasónico FMU9x, véase www.endress.com/download



www.addresses.endress.com
